

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y
AUTOMÁTICA



DISEÑO HARDWARE DE UN MICROROBOT

PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESPECIALIDAD: AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Tutor:	José María Armingol
Alumno:	Lara Aguilera Escobar

Índice

1	Introducción y objetivos	6
2	Estado del arte	8
2.1	Introducción a la robótica	8
2.1.1	Historia de la robótica	8
2.2	Eurobot	12
2.2.1	Ediciones anteriores	13
3	Arquitectura hardware	19
3.1	Situación inicial	19
3.2	Evolución del sistema hardware	20
3.3	Sistema final	22
4	Sistema de alimentación	23
4.1	Fuente de alimentación	24
4.2	Etapas de potencia	26
4.3	Placa de drivers	30
5	Sistema de control	34
6	Sistema sensorial	40
6.1	Sensores	41
6.1.1	Sensores infrarrojos	41
6.1.2	Sensores de contacto	45
6.1.3	Encoders	46
6.2	Placa sensorial	48
7	Sistema locomotor y actuadores	51
7.1	Sistema locomotor	52
7.1.1	Ruedas	53
7.1.2	Motores	55
7.2	Actuadores	56
7.2.1	Conexión	58
7.2.2	Funcionamiento y control	59

7.3	Aplicación gráfica de control de servomotores y motores.....	61
7.3.1	Conectar con la placa de servomotores	62
7.3.2	Cambiar la posición de un servomotor	62
7.3.3	Anclar servomotor.....	63
7.3.4	Mover motores en una dirección	64
7.3.5	Cambiar velocidad de los motores	65
7.3.6	Cambiar aceleración de los motores	65
7.3.7	Enviar reset.....	66
7.3.8	Desconectar	66
8	Estrategia.....	67
9	Presupuesto (Eurobot 2010).....	69
9.1	Costes de material.....	69
9.1.1	Estructura	69
9.1.2	Sistema locomotor.....	69
9.1.3	Actuadores	69
9.1.4	Sensores	69
9.1.5	Electrónica y alimentación	70
9.1.6	Campo y elementos del juego	70
9.2	Costes de personal	70
9.3	Coste global	71
10	Conclusiones	72
10.1	Contribución	73
10.2	Líneas futuras.....	73
11	Referencias.....	75
11.1	Recursos bibliográficos	75
11.2	Recursos electrónicos	75
12	Anexos	77
12.1	Normativa del concurso Eurobot	77
12.2	Hojas de características	82

Índice de figuras

Figura 1 - Robot “Flux Capacitor”	7
Figura 2 - Telar de Jacquard	9
Figura 3 - Robots Ultimate (izquierda) y brazo robótico Stanford Arm (derecha).....	10
Figura 4 - Aibo de Sony	11
Figura 5 - Logotipo Eurobot.....	12
Figura 6 - Eurobot 1999, Ataque al castillo.....	13
Figura 7 - Eurobot 2000, Parque de atracciones.....	13
Figura 8 - Eurobot 2001, Odisea en el espacio.....	14
Figura 9 - Eurobot 2002, Billar aéreo.....	14
Figura 10 - Eurobot 2003, Cara o cruz.....	15
Figura 11 - Eurobot 2004, Rugby de cocos	15
Figura 12 - Eurobot 2005, Juego de bolos.....	16
Figura 13 - Eurobot 2006, Un divertido golf.....	16
Figura 14 - Eurobot 2007, Rally de reciclado.....	17
Figura 15 - Campo de juego Eurobot 2008.....	17
Figura 16 - Campo de juego Eurobot 2009.....	18
Figura 17- Arquitectura hardware año 2009	19
Figura 18 - Esquema porta-placas	21
Figura 19 - Porta-placas	21
Figura 20 - Arquitectura hardware final.....	22
Figura 21 - Sistema de alimentación	23
Figura 22 - Batería de plomo-ácido de 12 V y 5 Ah.....	24
Figura 23 - Proceso de carga de la batería.....	25
Figura 24 - Características técnicas regulador LM2577T-15V	27
Figura 25 - Circuito de acondicionamiento LM2577T-15V.....	27
Figura 26- Características técnicas regulador LM2596T-5V	28
Figura 27 - Circuito acondicionamiento LM2596T-5V.....	28
Figura 28 - Imagen de la placa de potencia.....	29
Figura 29 - Flujo de datos e información de control a través de la placa de potencia.....	29
Figura 30 - Conexiones de placa de potencia	30
Figura 31 - Control de los motores que realiza la placa de drivers	31
Figura 32 - Características driver LMD18200T	31
Figura 33 - Esquema de conexiones driver LMD18200T	32
Figura 34 - Diagrama de bloques del driver LMD18200T.....	33
Figura 35 - Conectores placa drivers	33
Figura 36 - Esquema general del sistema de control	34
Figura 37 - Single Board Computer.....	35
Figura 38 - Conexiones de placa de servo-motores con el resto de placas	36
Figura 39 - Encapsulado y patillaje del microcontrolador 8052	37

Figura 40 - Asignación de las salidas del microcontrolador DS89C450	38
Figura 41 - Conexión placa servomotores al sistema de alimentación	39
Figura 42 - Sistema Sensorial	40
Figura 43 - Método de triangulación de los sensores infrarrojos	42
Figura 44 - Sensor infrarrojo GP2D12	42
Figura 45 - Tensión salida Vs. Distancia sensores GP2D12 y GP2D120	43
Figura 46 - Sensor lateral izquierdo	44
Figura 47 - Sensores frontales	45
Figura 48 - Esquema interno de un sensor de contacto	45
Figura 49 - Sensores de final de carrera SS5GL2D	46
Figura 50 - Esquema de funcionamiento de un encoder	47
Figura 51 - Encoder Bernio EB 50	47
Figura 52 - Entrada y salida de la placa sensorial	48
Figura 53 - Esquema configuración Báscula de Schmitt	48
Figura 54 - Regulación del potenciómetro asociado a un sensor	49
Figura 55 - Conexiones de la placa sensorial	50
Figura 56 - Sistema locomotor y actuadores	51
Figura 57 - Configuraciones típicas en la disposición de las ruedas	53
Figura 58 - Ruedas HYPER HOCKEY PRO 250	54
Figura 59 - Acople rueda-motor	54
Figura 60 - Rueda libre o rueda loca	55
Figura 61 - Motor Bernio MR 615 30Q	55
Figura 62 - Características de motor Bernio MR 615 30Q con reductora 1/16	56
Figura 63 - Servomotor Futaba S3003	57
Figura 64 - Disposición servomotores Futaba S3003	57
Figura 65 - Conectores servomotores	58
Figura 66 - Control de los servomotores	59
Figura 67 - Variación del ancho de pulso de una señal PWM	60
Figura 68 - Interfaz gráfica de la aplicación ServoController	61
Figura 69 - Conexión entre placa de servomotores y ordenador	62
Figura 70 - Interfaz para el cambio de posición de un servomotor	62
Figura 71 - Control de servomotores mediante barra deslizante o valor numérico	63
Figura 72 - Anclado de varios servomotores para movimiento simultáneo	63
Figura 73 - Control de motores	64
Figura 74 - Control del movimiento de los motores	64
Figura 75 - Modificar velocidad de los motores	65
Figura 76 - Modificar aceleración de los motores	65
Figura 77 - Reset de la aplicación ServoController	66
Figura 78 - Desconexión entre el ordenador y la placa de servomotores	66
Figura 79 - Distribución de objetos a lo largo del campo de juego	67
Figura 80 - Trayectoria curva seguida por el microrobot	68
Figura 81 - Almacenaje de elementos en el interior del microrobot	68

Figura 82 - Recolectar la mayor cantidad de frutas, hortalizas y semillas	77
Figura 83 - Dimensiones máximas de la base del Robot	78
Figura 84 - Altura máxima del Robot.....	79
Figura 85 - Área de inicio del campo de juego	80
Figura 86 - Campo de juego Eurobot 2010.....	81

1 Introducción y objetivos

El Laboratorio de Sistemas Inteligentes (LSI) de la Universidad Carlos III de Madrid compete anualmente en el concurso internacional de microrobótica Eurobot [3].

En cada edición de Eurobot, en las fases previas de diseño de la arquitectura global del sistema, se fijan las metas y objetivos que se estima oportuno que deba cumplir el microrobot a construir. Estas metas no sólo influirán en la estrategia de actuación del microrobot, sino que también determinarán en cierta medida su diseño y arquitectura.

En la edición de Eurobot de 2010, como cada año, el equipo de trabajo estuvo formado por estudiantes de ingeniería de las disciplinas más relevantes en el campo de la robótica: informática, mecánica y electrónica.

El área informática se encargó de la programación del microrobot, abarcando el diseño global de la arquitectura software; la implementación del software de control de cada uno de los dispositivos hardware y la comunicación entre estos dispositivos; y la creación de estrategias de actuación de los microrobots.

El área mecánica se ocupó de la elección y disposición de combinaciones complejas de actuadores que aumentaban el abanico de movimientos que el microrobot podía llevar a cabo.

El área de electrónica, a la que compete este documento, fue la encargada del diseño y la implementación de los distintos sistemas que componían la estructura hardware del microrobot: sistema de alimentación, sistema de control, sistema sensorial y sistema locomotor y actuadores.

El presente documento va dirigido a futuros alumnos encargados de la parte electrónica, por lo que se hace única y exclusivamente mención a características técnicas relativas a la informática y mecánica que se hayan considerado imprescindibles para el correcto entendimiento del funcionamiento global del sistema.

El equipo de estudiantes, a pesar de estar dividido por áreas, trabajó de forma coordinada durante varios meses para diseñar y construir el microrobot “Flux Capacitor”, participante en la edición de 2010 de la ya mencionada competición de Eurobot.

FLUX CAPACITOR

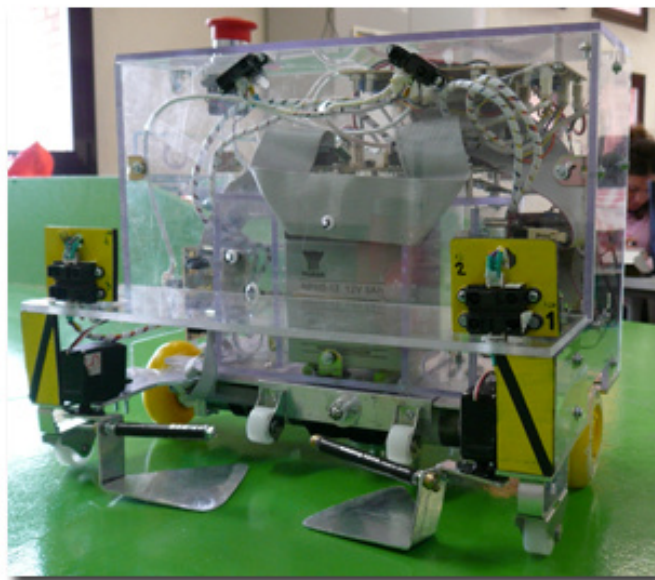


Figura 1 - Robot “Flux Capacitor”

En el diseño hardware de este proyecto se ha tenido en cuenta la necesidad de desarrollar una base genérica reutilizable en años posteriores, de modo que los alumnos que formen parte de un equipo de trabajo futuro puedan emplearla como punto de partida y centrarse únicamente en la introducción de mejoras que aumenten el rendimiento y la precisión del microrobot.

Siguiendo esta tendencia de trabajo, se estudiaron los microrobots representantes de años anteriores de la Universidad Carlos III para reutilizar en la medida de lo posible ideas, diseños, estrategias, elementos hardware; con el fin de aprovechar todo lo posible los avances desarrollados en el pasado por nuestros compañeros.

En el presente documento se detallan los aspectos relativos al diseño hardware así como a la evolución de la arquitectura electrónica del microrobot durante el año de duración del proyecto. Se pretende que este documento sirva de posible manual de uso de la base hardware anteriormente mencionada.

2 Estado del arte

En este capítulo se va a realizar un breve recorrido a lo largo de la historia de la robótica, destacando los importantes avances que se han ido logrando a lo largo de años de investigación y desarrollo de esta materia. Así mismo, se presentará un resumen de la historia del concurso Eurobot, desde sus primeras ediciones hasta la edición 2010, año en el que se origina el presente proyecto. Con todo ello se pretende situar al lector en este campo tecnológico así como generar unas nociones básicas sobre la competición Eurobot.

2.1 Introducción a la robótica

La robótica es la ciencia y tecnología de los robots, y por tanto se centra en el diseño, manufactura y aplicación de los mismos. Este campo tecnológico combina diversas disciplinas, como pueden ser: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control, todas ellas cruciales en el desarrollo de esta materia.

Pero, ¿qué es realmente la robótica? Existen múltiples definiciones sobre este término que llevan a pensar que no existe un acuerdo unánime al respecto.

Según la Real Academia, la robótica es: *“Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales”* [7].

2.1.1 Historia de la robótica

Durante siglos, el hombre ha construido máquinas que imitan partes del cuerpo humano. Es más, el afán por fabricar artulugios capaces de realizar tareas independientes ha sido constante a lo largo de la historia, a través de la cual se han descrito diversos ingenios, antecesores directos de los actuales robots.

El origen de éstos está vinculado inequívocamente al antiguo concepto de *“autómata”*, derivado del vocablo griego *“automatos”*, cuyo significado es *“espontáneo o con movimiento propio”*. Los primeros autómatas se remontan al Antiguo Egipto donde las estatuas de alguno de sus dioses o reyes despedían fuego por los ojos, como en el caso de la estatua de Osiris, poseían brazos mecánicos o emitían sonidos cuando los rayos de sol los iluminaba, consiguiendo provocar a la vez admiración y temor en aquel que las contemplara. Esta finalidad religiosa del autómata continuará hasta Grecia, donde se construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicos, los cuales eran utilizados para fascinar al pueblo.

Así mismo, el desarrollo de la robótica ha estado íntimamente relacionado con la necesidad de generar artefactos que liberen de trabajos pesados al ser humano, mejorando su calidad de vida. La evolución se ve marcada por el desarrollo científico y tecnológico de diferentes ramas de conocimiento, permitiendo la creación de máquinas que han logrado mejorar los procesos manuales y en muchos casos, han sustituido al hombre en la realización de los mismos. Por tanto, no es de extrañar que la palabra “robot” sea una derivación del vocablo checo “*robota*” cuyo significado “*trabajo en el sentido de obligatoriedad o servidumbre*” está relacionado con uno de los usos que más frecuentemente han desarrollado los robots a través de la historia.

El inicio de la robótica actual probablemente pueda fijarse en la industria textil del siglo XVIII, cuando Joseph Jacquard inventa en 1801 una máquina textil programable mediante tarjetas perforadas. Posteriormente, la Revolución Industrial impulsó el desarrollo de estos agentes mecánicos.



Figura 2 - Telar de Jacquard

Durante los siglos XVII y XVIII fueron construidos en Europa ingeniosos muñecos mecánicos que contaban con algunas de las características propias de un robot: Jacques de Vaucanson construyó a mediados del siglo XVIII varios músicos de tamaño humano capaces de representar diferentes obras musicales con gran naturalidad así como un autómatas que imitaba el comportamiento natural de un pato. En 1805, Henri Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos.

En 1921 Karel Capek, dramaturgo checo, utiliza por primera vez en la historia el término “Robot” en su obra dramática “Rossum's Universal Robots / R.U.R” en la que se narra la historia de un científico que pretende liberar a la humanidad del trabajo físico a través de la invención de robots que sustituyan al hombre en la realización del mismo.

Posteriormente, en el año 1939 Isaac Asimov definió el término “Robótica” como la ciencia que estudia los robots, resumiendo la esencia de la misma en las “Tres leyes de la Robótica” [6], las cuales se muestran a continuación:

- 1. Un robot no debe dañar a un ser humano o, por su inacción, dejar que un ser humano sufra daño.*
- 2. Un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto si estas órdenes entran en conflicto con la Primera Ley.*
- 3. Un robot debe proteger su propia existencia, hasta donde esta protección no entre en conflicto con la Primera o la Segunda Ley.*

En la década de los 50 se desarrollan los primeros robots tal y como los concebimos actualmente. Uno de los principales factores que intervienen en el mismo es la investigación llevada a cabo durante este periodo de tiempo en el área de visión artificial. Estos avances permiten desarrollar formas de emular el procesamiento de información humano mediante computadores electrónicos. Las primeras patentes aparecen en 1946 con los primitivos robots para el traslado de maquinaria de Devol. Durante este mismo año aparecen las primeras computadoras. Además se diseña el primer robot programable.

A partir de este momento el desarrollo de la robótica sufre avances muy importantes en periodos de tiempo relativamente cortos: en 1960 se introdujo el primer robot “Unimate”, basado en la transferencia de artículos; en 1961 un robot Unimate se instaló en la Ford Motors Company para atender una máquina de fundición de troquel; en 1971 se desarrolló el “Stanford Arm” un pequeño brazo robótico de accionamiento eléctrico y en 1978 se introdujo el robot PUMA para tareas de montaje, basándose en diseños obtenidos en un estudio de la General Motors.

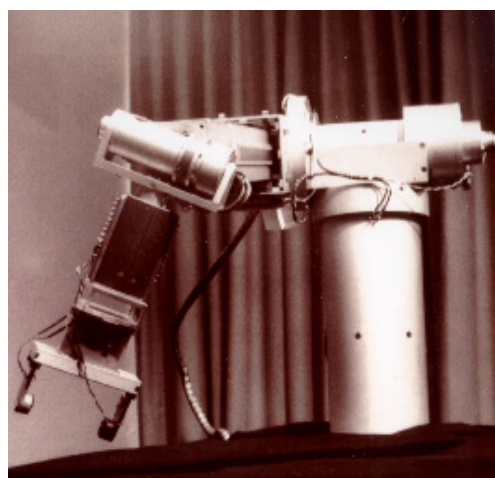
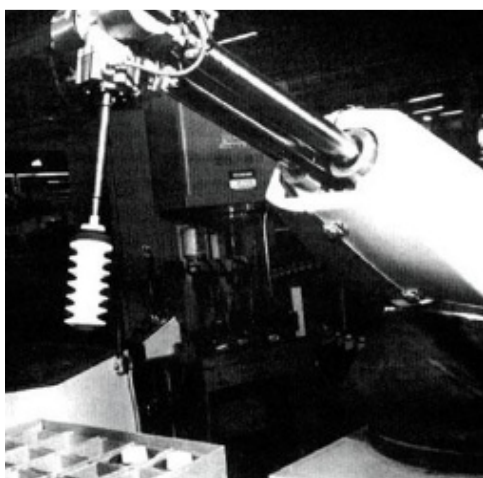


Figura 3 - Robots Ultimate (izquierda) y brazo robótico Stanford Arm (derecha)

Posteriormente, el concepto de robótica evolucionó hacia los sistemas móviles autónomos, capaces de desenvolverse por sí mismos en entornos desconocidos y parcialmente cambiantes sin necesidad de supervisión. Un ejemplo es el programa de cooperación realizado en los años 70 entre la NASA y Jet Propulsion Laboratory para desarrollar plataformas capaces de explorar terrenos hostiles.

Actualmente, la robótica se debate entre modelos sumamente ambiciosos, como es el caso del IT, diseñado para expresar emociones, el COG, también conocido como el robot de cuatro sentidos, el famoso SOUJOURNER o el LUNAR ROVER, vehículo de turismo con control remoto, y otros mucho más específicos como el CYPHER, un helicóptero robot de uso militar, el guardia de tráfico japonés ANZEN TARO o los robots mascota de Sony.



Figura 4 - Aibo de Sony

En general, se puede realizar una clasificación sencilla de los robots en distintas generaciones que han ido incorporando aspectos revolucionarios en la robótica a lo largo de la historia: las dos primeras, ya alcanzadas en los 80, incluían la gestión de tareas repetitivas con autonomía muy limitada. La tercera generación se basa en la introducción de la visión artificial, área de conocimiento en la que se han producido grandes avances en las décadas de los 80 y los 90. La cuarta incluye movilidad avanzada en exteriores e interiores y la quinta estaría en el dominio de la inteligencia artificial, área en la cual se está trabajando actualmente.

2.2 Eurobot

Eurobot es una competición internacional de robots autónomos orientada principalmente a la participación de centros de estudios o asociaciones de jóvenes que presenten su propio proyecto. Los equipos clasificados son seleccionados previamente a través de una serie de pruebas nacionales celebradas en cada país de origen, cuya normativa es idéntica a la que regula el encuentro europeo.



Figura 5 - Logotipo Eurobot

La finalidad principal de la competición es potenciar el mundo de la robótica promoviendo la participación y el interés sobre este área de conocimiento. Además pretende ser un punto de encuentro que propicie el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos entre los distintos países participantes.

La primera edición de Eurobot, celebrada en Francia, fue creada por la asociación de promoción de la ciencia y la tecnología Planète Sciences y la productora televisiva VM Group. En esta ocasión participaron 9 equipos de 5 países diferentes, sin embargo, cada año se aumenta enormemente el número de participantes, llegando a una cifra de más de 400 equipos de 27 países diferentes en 2009.

Cada país puede estar representado en la fase final por un máximo de tres equipos, por lo que se hace necesaria una etapa previa de clasificación nacional para seleccionar a los equipos representantes de cada país. En el caso de España, dicha clasificación se realiza durante la celebración del Hispabot [8] en la Universidad de Alcalá de Henares.

Cada año, Eurobot varía tanto la temática como el sistema de juego, aunque ciertas normas básicas se mantienen en todas las ediciones. El carácter innovador de la competición potencia la imaginación de los participantes que cada año deben buscar nuevas estrategias para conseguir que sus microrobots cumplan las reglas del juego lo más eficientemente posible.

La competición Eurobot del año 2010, durante el cual se desarrolló el presente proyecto, tuvo lugar del 26 al 30 de Mayo de 2010 en Rapperswil-Jona (Suiza). El lema escogido en esta ocasión por los organizadores del evento fue "Alimenta al mundo". Cada equipo debía recolectar el mayor número de alimentos posibles en un tiempo limitado e introducirlos en su correspondiente balanza. La puntuación de cada alimento depende de su dificultad de recogida.

2.2.1 Ediciones anteriores

1998. Fútbol

La competición fue similar a un partido de fútbol pero con más de una pelota. Dos robots enfrentados tenían que marcar al rival el máximo número de tantos posibles. Se presentaron nueve equipos de cinco países diferentes.

1999. Ataque al castillo

El escenario se encontraba dividido en dos partes con dos puentes. En cada lado se levantaban dos castillos realizados con cilindros de madera. Cada robot tenía que tirar los cilindros del equipo contrario, bien con bolas de tenis dispuestas en el terreno de juego o bien por contacto directo. Se presentaron nueve equipos de cinco países diferentes. En la figura se puede ver una representación del escenario del citado año.



Figura 6 - Eurobot 1999, Ataque al castillo

2000. Parque de atracciones

En este año, el terreno se presentaba de manera irregular, con diez globos, cinco azules y cinco amarillos. Cada equipo tenía que explotar los globos del equipo contrario en el lado opuesto a su terreno de juego. No se permitía el uso de proyectiles y el tamaño máximo del robot no permitía explotar los globos desde lejos. En la figura se puede ver una representación del escenario del citado año. Se presentaron doce equipos de siete países distintos.



Figura 7 - Eurobot 2000, Parque de atracciones

2001. Odisea en el espacio

La competición constaba de dos robots participantes que tenían que “conquistar planetas” (representados por cilindros). Para conquistar estos “planetas” debían de situar una bandera encima de ellos. En la figura, se puede ver una representación del escenario del citado año. Se presentaron diecinueve equipos de doce países distintos.

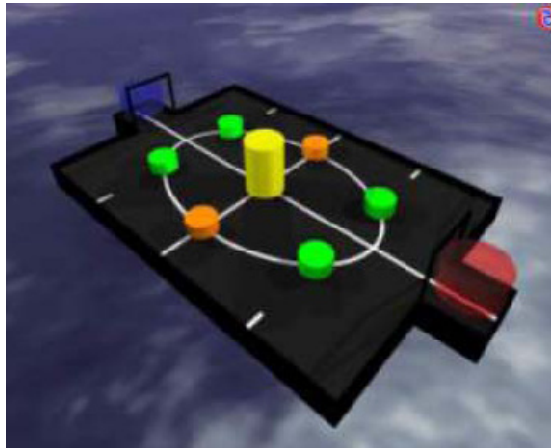


Figura 8 - Eurobot 2001, Odisea en el espacio

2002. Billar aéreo

En un terreno de juego liso, había dispuestas ocho bolas rojas y cuatro negras siguiendo una simetría central. Cada robot tenía que situar las bolas negras en las troneras de su lado y las rojas en el lado opuesto. En la figura se puede ver una representación del escenario del citado año. Se presentaron veintisiete equipos de diecisiete países distintos.

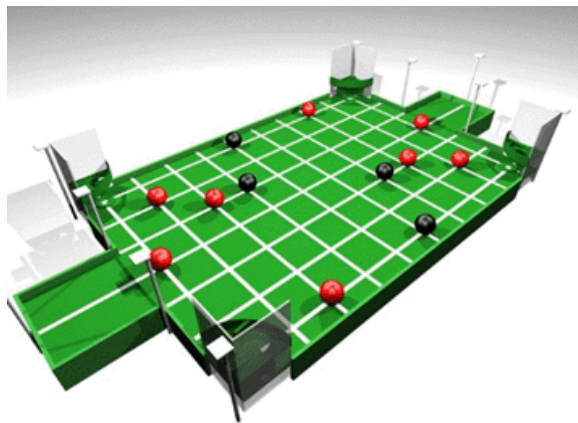


Figura 9 - Eurobot 2002, Billar aéreo

2003. Cara o cruz

En este año en el tablero de juego se situaban fichas de dos colores (rojo y verde) y también fichas de un único color (también rojas y verdes). Cada uno de los dos robots participantes debía intentar mostrar la mayor cantidad de fichas con la cara de su color asignado hacia arriba pasado un minuto y medio. En la figura se puede ver una representación del escenario del citado año. Se presentaron treinta y dos equipos de diecinueve países distintos.

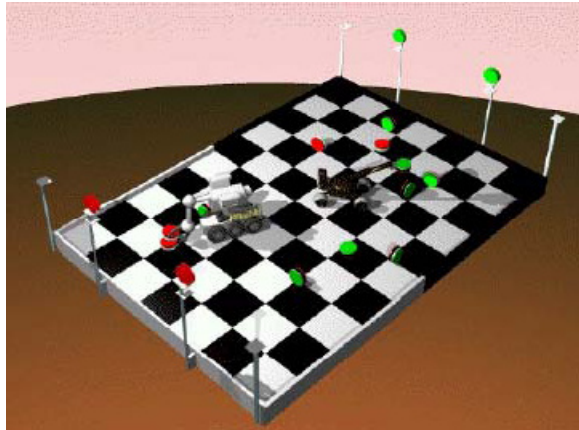


Figura 10 - Eurobot 2003, Cara o cruz

2004. Rugby de cocos

En el 2004, los robots se reunieron en una 'isla tropical'. El reto: jugar a rugby con los cocos de las palmeras. Cocos con forma de balón de rugby, por supuesto.

El propósito del juego era recogerlos y llevarlos al área de gol del contrario, o arrojarlos a través de las dos palmeras del oponente. Se presentaron cuarenta y un equipos de veintiún países distintos.

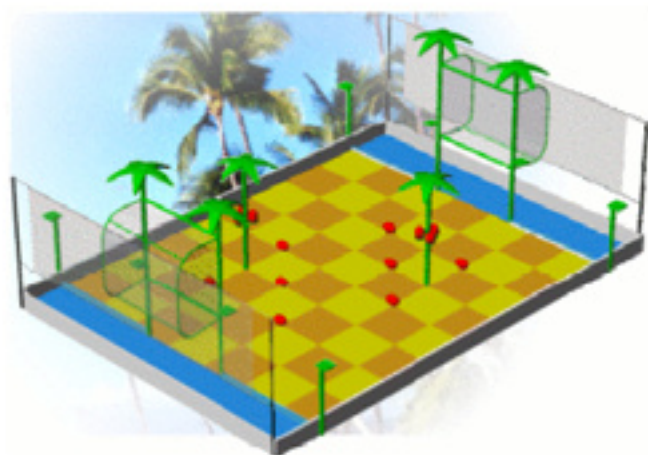


Figura 11 - Eurobot 2004, Rugby de cocos

2005. Juego de bolos

La prueba consistía, como su nombre indica, en un juego de bolos. Al comienzo del juego cada equipo tenía en su campo unos bolos que debía defender a la vez que intentaban tirar los bolos del contrincante. Tras un minuto y medio de juego, ganaba el equipo que había tirado más bolos del contrincante. Para hacer el juego más interesante, entre los dos campos había un foso atravesado por dos puentes que podían variar su posición de una partida a otra.

Cada equipo podía tener hasta dos robots cumpliendo las restricciones de tamaño que se indicaban en las normativas. Participaron cincuenta equipos de más de veinte países.

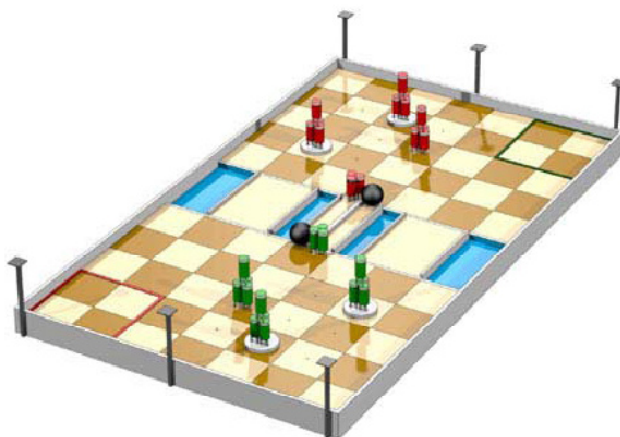


Figura 12 - Eurobot 2005, Juego de bolos

2006. Un divertido golf

En esta ocasión el campo tenía multitud de hoyos donde los robots de cada equipo debían introducir pelotas de golf "blancas". Además, existían pelotas "negras" que podían introducirse en los hoyos del campo contrario, para evitar que el contrincante puntuara. Las pelotas de golf saltaban al terreno de juego al ser cerrado un contacto situado en unos postes sobre el terreno de juego.

El tiempo total para la prueba era de un minuto y medio y cada equipo solo podía utilizar un robot.

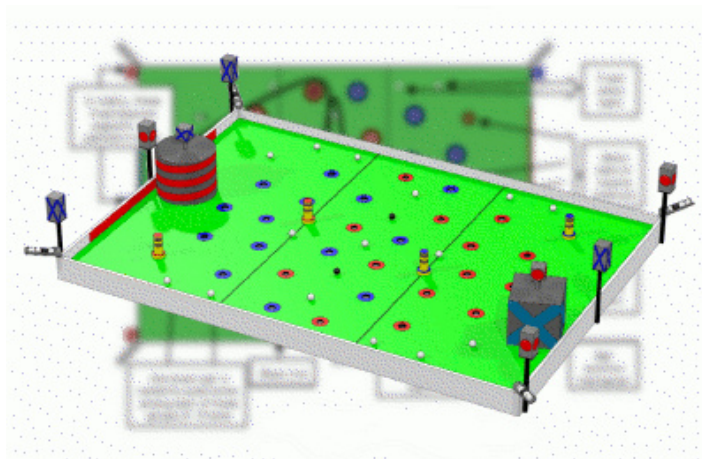


Figura 13 - Eurobot 2006, Un divertido golf

2007. Rally de reciclado

La prueba de 2007 consistía en clasificar una serie de desechos (botellas de plástico, latas de refrescos y pilas) cada uno en su cesta correspondiente para su reciclado posterior. Ganaba el robot que fuera más rápido clasificando los desechos.

El tiempo total para la prueba era de un minuto y medio y cada equipo solo podía utilizar un robot.

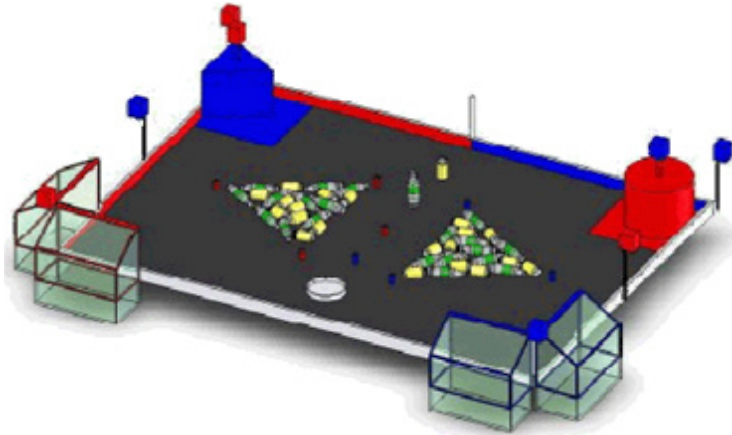


Figura 14 - Eurobot 2007, Rally de reciclado

2008. Misión a Marte

El equipo que consiguiera recolectar la mayor cantidad posible de pruebas de vida en Marte ganaba el juego. Las pruebas eran representadas por pelotas de Hockey de color azul y rojo. Éstas daban más puntuación a su equipo si eran almacenadas con hielo (representado por pelotas de color blanco), ya que se aseguraba una mejor conservación de las mismas. Cada equipo debía depositar las pruebas en los distintos contenedores existentes a lo largo del campo de juego.

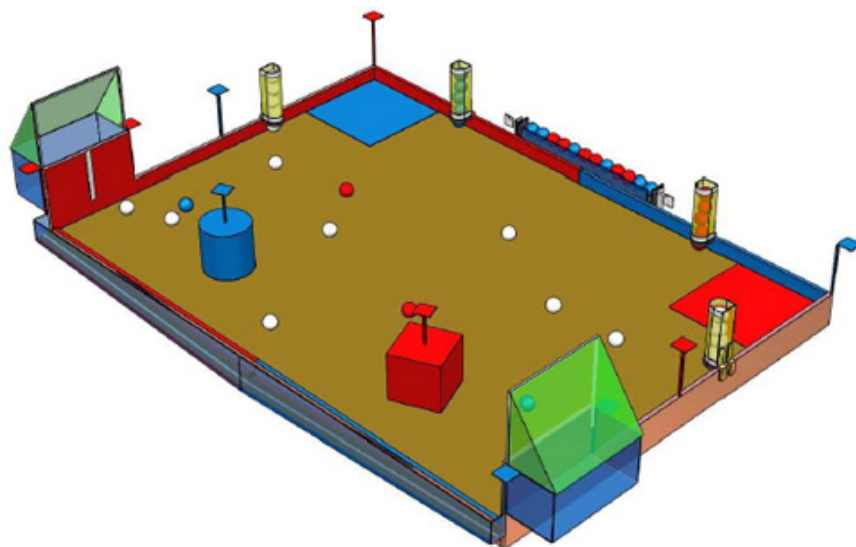


Figura 15 - Campo de juego Eurobot 2008

2009. Templos de la Atlántida

La competición de 2009 se basaba en la construcción de templos a partir de piezas cilíndricas y rectangulares del color asignado a cada uno de los dos equipos competidores. El equipo que construyera un mayor número de templos y contara con las columnas más altas sin derribar ni entorpecer las construcciones del equipo contrario, ganaba el partido.

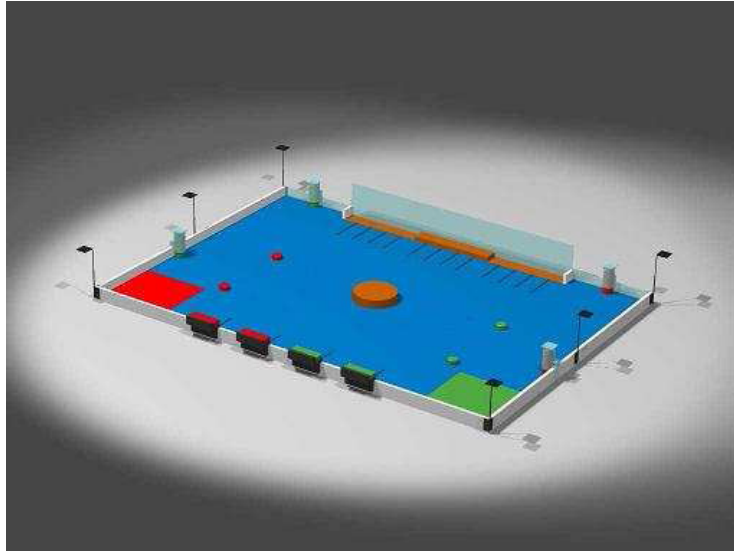


Figura 16 - Campo de juego Eurobot 2009

3 Arquitectura hardware

3.1 Situación inicial

En la Figura 17 se muestra el sistema hardware diseñado por los alumnos de la Universidad Carlos III de Madrid para la edición del año 2009 de la competición EUROBOT.

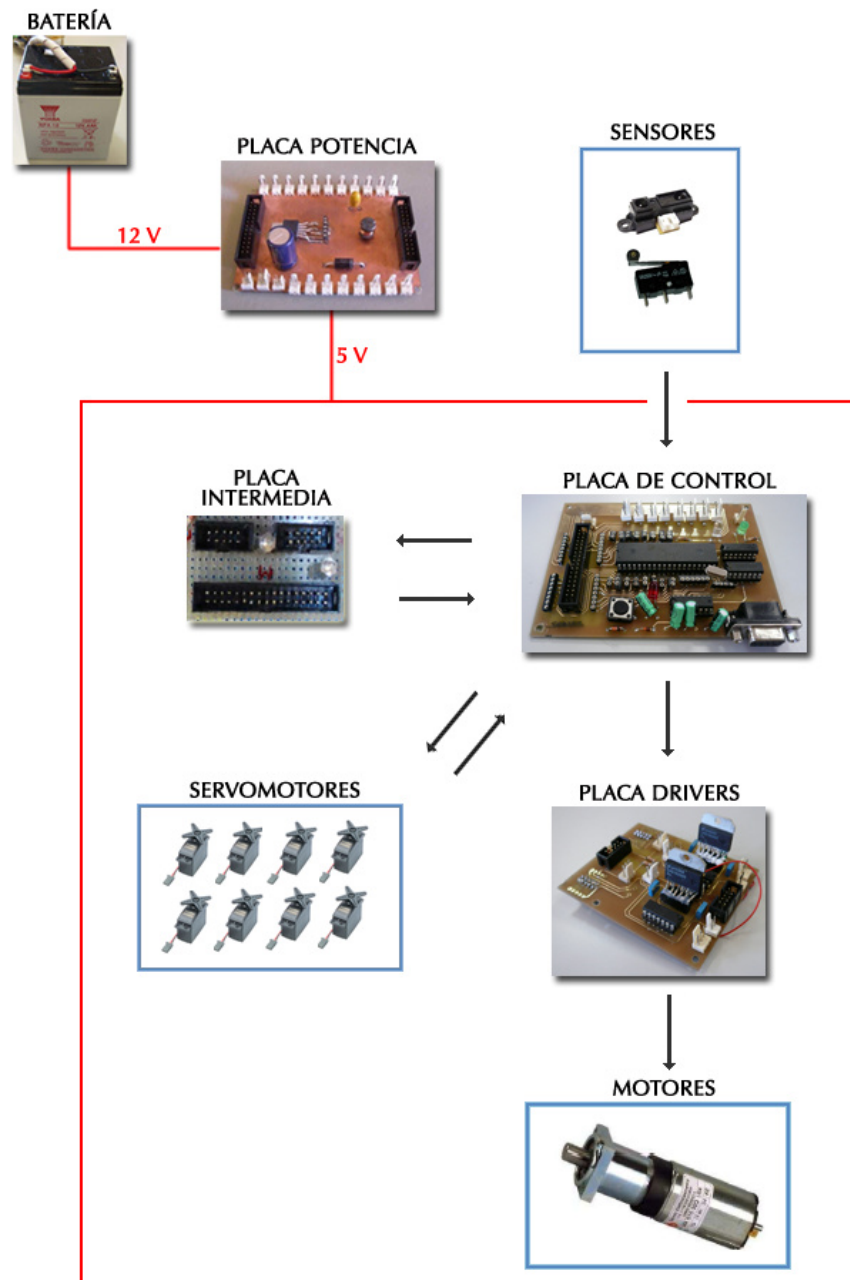


Figura 17- Arquitectura hardware año 2009

El presente proyecto parte de esta arquitectura hardware para tratar de establecer mejoras que permitan aumentar el nivel competitivo del microrobot participante en la edición del año 2010.

3.2 Evolución del sistema hardware

A lo largo de este proyecto se han llevado a cabo una serie de mejoras en el diseño hardware que optimizan la utilización de los recursos tanto a nivel energético como a nivel de distribución del espacio. A continuación se expondrán brevemente los cambios más relevantes de la arquitectura hardware del microrobot llevada a cabo durante el año 2010.

.

Eliminación de la placa intermedia de conexiones

Se incorpora a la placa de potencia la funcionalidad de establecer las conexiones entre las diferentes placas a alimentar. Esta placa no sólo se limitará a generar los voltajes requeridos para la alimentación de los diferentes sistemas del robot, sino que además generará un flujo de control y datos entre la placa de servo-motores y la placa de drivers.

Aporte:

Ahorro de espacio al eliminar la existencia de una placa.

Inconvenientes:

Horas de trabajo en el diseño y construcción de la nueva placa de potencia.

Diseño de una única placa sensorial

Se trata de centralizar en una única placa todas las conexiones relativas al sistema sensorial del robot. En ella se incluyen tanto las conexiones directas de los sensores de contacto, como los circuitos de acondicionamiento de la señal necesarios para la correcta utilización de los sensores infrarrojos. Con ello se pretende minimizar el número de conexiones y permitir una distribución del sistema lo más simplificada posible.

Aporte:

Ahorro de espacio al eliminar tantas placas como número de sensores.

Inconvenientes:

Horas de trabajo en el diseño y construcción de una nueva placa.

Construcción de una estructura porta-placas

Con el objetivo de agilizar la manipulación y el conexionado entre las diferentes placas que forman el sistema hardware, se construyó una estructura donde fijar las mismas de forma que el conjunto pudiera ser extraído fácilmente del interior del robot.

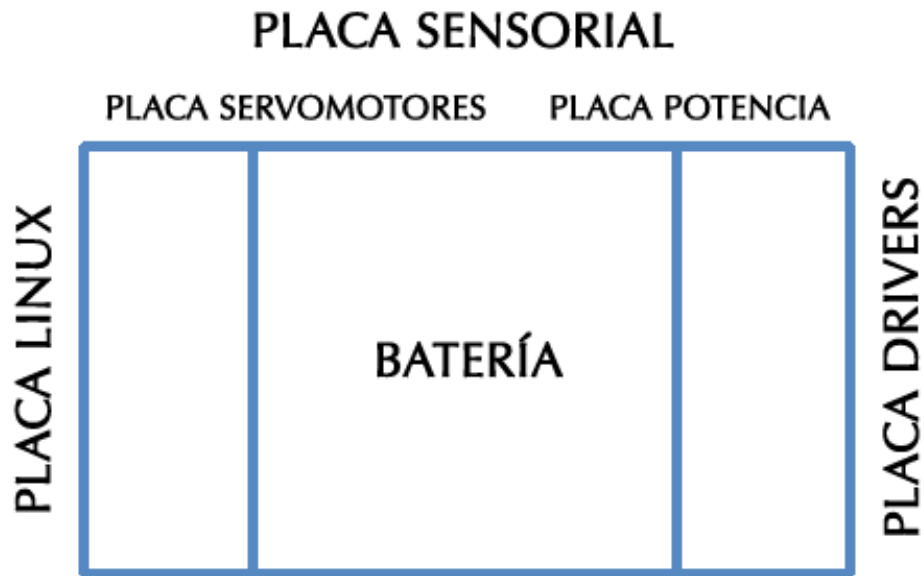


Figura 18 - Esquema porta-placas

Esta estructura, una vez instalada en la base, permite asegurar las conexiones entre placas al minimizar el movimiento de las mismas.

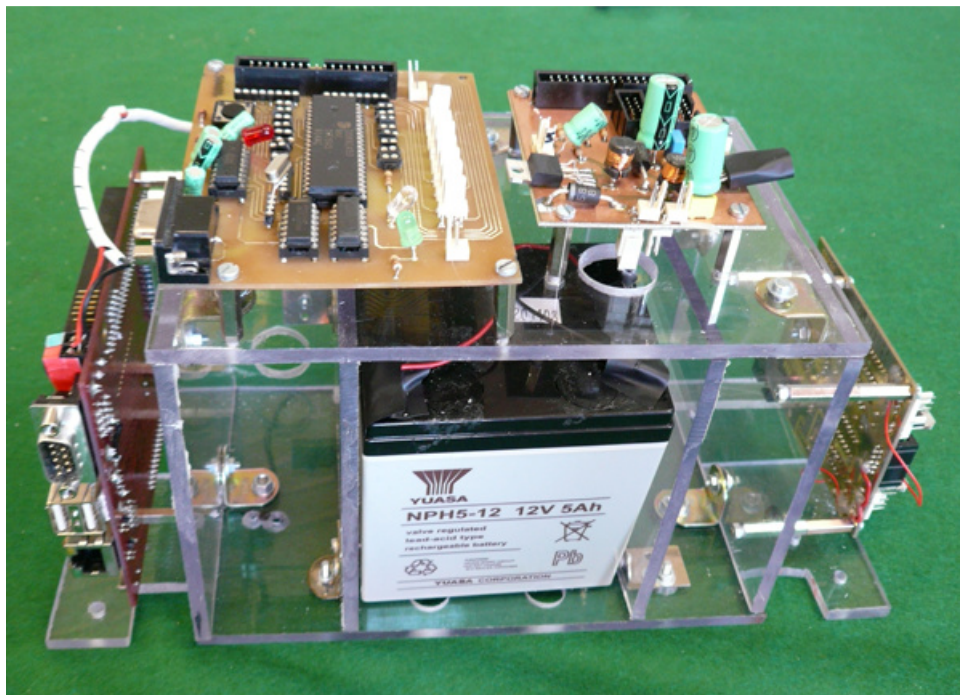


Figura 19 - Porta-placas

Aporte:

Mejora del conexionado y facilidad en la manipulación del sistema hardware.

Inconvenientes:

Horas de trabajo en el diseño y construcción de la estructura.

Reutilizable en función del espacio que disponga el nuevo microrobot.

3.3 Sistema final

En la Figura 20 se muestra la arquitectura hardware final del microrobot “Flux Capacitor”, representante de la Universidad Carlos III en la competición EUROBOT del año 2010.

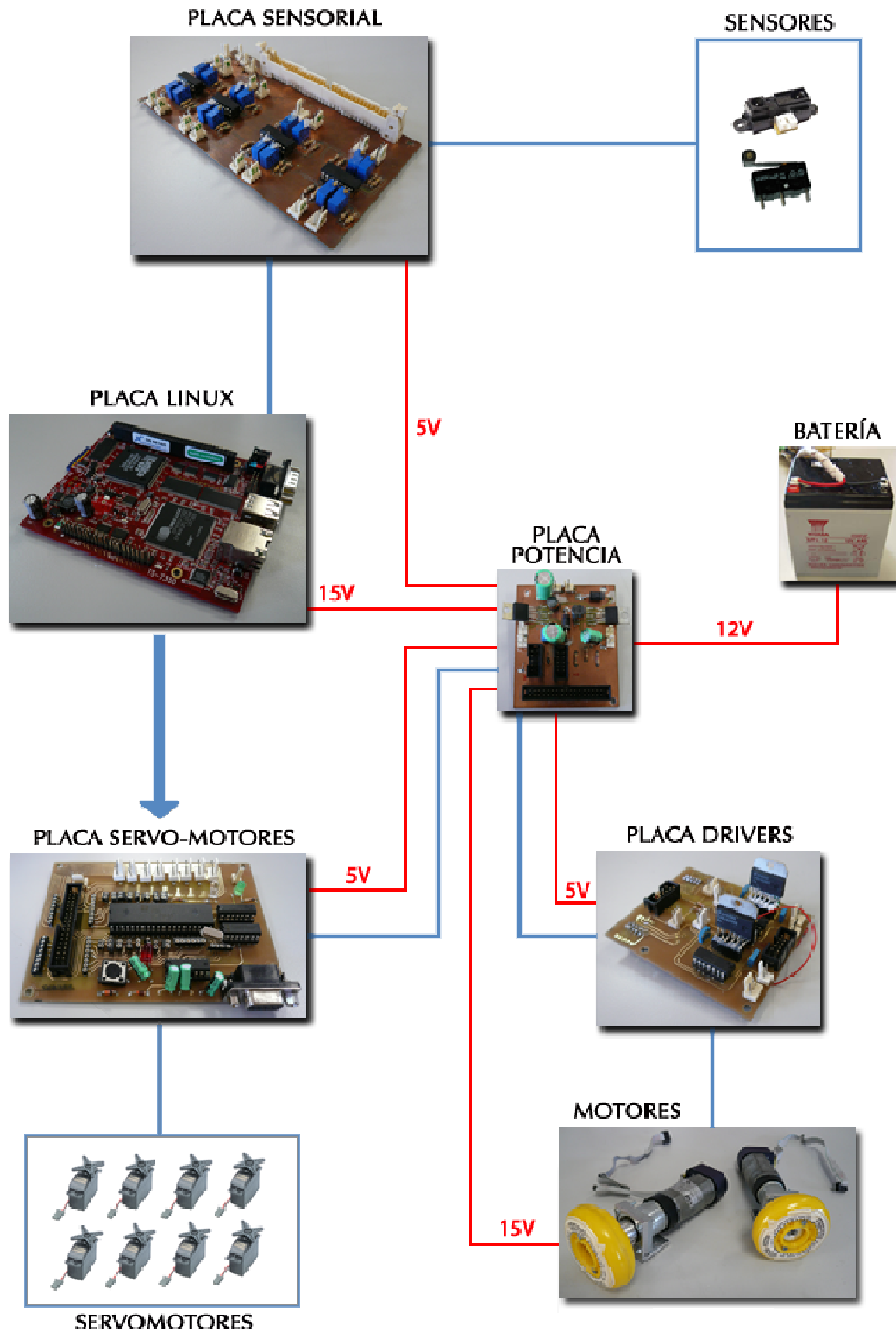


Figura 20 - Arquitectura hardware final

4 Sistema de alimentación

En este apartado se analizará el diseño del sistema de alimentación del robot, necesario para conseguir que éste sea totalmente autónomo. En él se incluye tanto la fuente de alimentación como la electrónica de potencia necesaria para generar los distintos voltajes de alimentación que requieren el resto de dispositivos electrónicos (ver Figura 21).

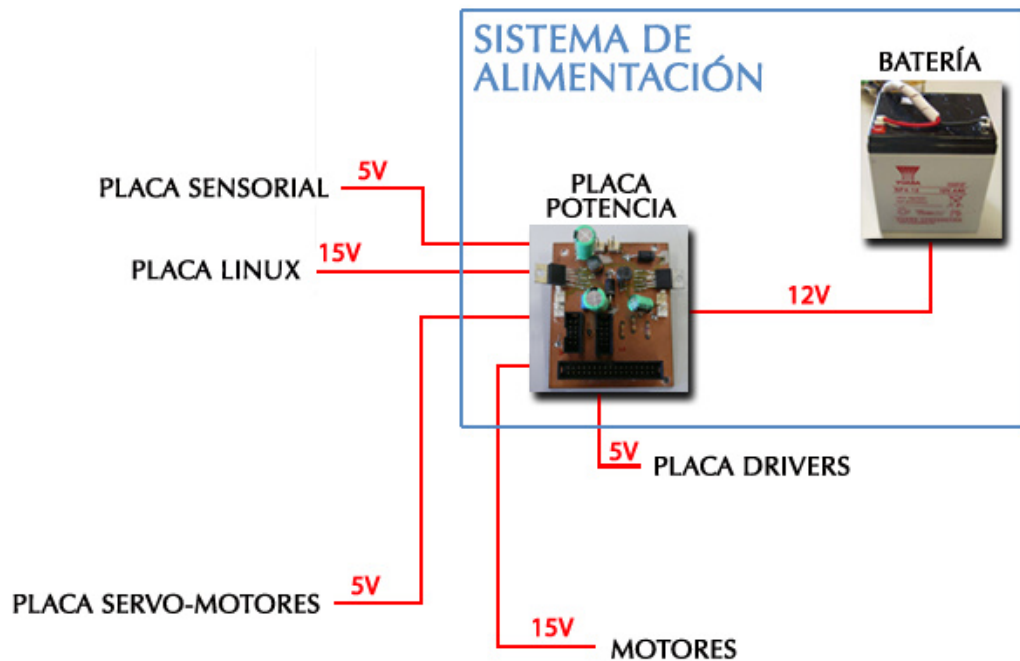


Figura 21 - Sistema de alimentación

La normativa del concurso especifica algunos aspectos limitantes que se han de tener en cuenta a la hora de seleccionar una fuente de energía de entre las disponibles en el mercado. Alguno de los más relevantes se muestran a continuación:

- Queda prohibido el uso de motores de explosión, motores de cohetes, pilas de hidrógeno, o de cualquier otro tipo inflamable o pirotécnico, seres vivos y fuentes de energía radioactiva de cualquier tipo.
- Cada robot tendrá que ser capaz de jugar dos partidos sucesivos sin necesidad de cambiar o recargar su fuente de alimentación.
- Se tendrán que cumplir los estándares legales de “*bajo voltaje*”, por lo cual su voltaje nunca podrá exceder de 48 voltios.

Además, se deberá tener en cuenta el consumo energético de los componentes del robot, ya que el sistema de alimentación debe ser capaz de suministrar la energía que requiere el conjunto de sistemas de control, sensorial, locomotor y de construcción.

4.1 Fuente de alimentación

Uno de los elementos más utilizados en la alimentación de robots autónomos son las baterías. Estos dispositivos generan energía eléctrica a través de un proceso electroquímico. El tipo de batería concreto depende de los elementos que formen parte de este proceso.

A la hora de seleccionar una batería de entre las disponibles en el mercado, se hizo necesario determinar las necesidades de consumo de los diferentes sistemas que integran el robot. Con ello se pretende estimar el cómputo global energético a suministrar por la fuente de alimentación. En este caso, el consumo energético global aproximado es de 12V siendo necesario proveer una corriente de 1.5A cuando todos los sistemas están funcionando simultáneamente. Además, se deberá tener en cuenta que el sistema demanda picos de corriente de hasta 5A al acelerar los motores.

La limitación espacial fue otro de los aspectos importantes a la hora de seleccionar una batería, ya que se requería que el dispositivo de alimentación cupiese dentro de la estructura del robot. El peso de la fuente también fue un elemento crucial: era importante que el dispositivo proporcionase estabilidad concentrando todo su peso en el centro de masas del robot.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, se decidió utilizar una batería Yuasa modelo NPH5-12 5Ah de **12 V** y **5 Ah** de **plomo-ácido** [24]. Estas baterías se caracterizan por su bajo coste económico, un ciclo de auto-descarga largo (de hasta un año), un tiempo de carga lento (aproximadamente ocho horas) y un tiempo de vida que oscila entre 200 y 300 ciclos de carga/descarga.

Como se muestra en la Figura 22, se incorporó a las baterías un conector molex que facilitara la conexión de las mismas a la placa de potencia.



Figura 22 - Batería de plomo-ácido de 12 V y 5 Ah

A continuación se muestran las características más importantes del modelo de batería seleccionado:

Característica	Magnitud
Tensión nominal	12V
Capacidad	5Ah
Temperatura de funcionamiento	5 - 35°C
Dimensiones	90 x70 x 102 mm
Capacidad nominal	5 Ah
Peso	2 Kg

Como puede observarse en la tabla anterior, la tensión nominal de salida de la batería es de 12V por lo que cualquier voltaje de salida inferior a esta cifra indica que este dispositivo no está cargado completamente. Sin embargo, algunos de los sistemas electrónicos que integran el robot no operan de manera óptima a este nivel de tensión. Es más, algunos de ellos, como los motores, establecen su voltaje mínimo de alimentación en estos 12V. Para asegurar su correcto funcionamiento, la placa de potencia incorpora un circuito elevador que transforma este voltaje en 15V, nivel óptimo de alimentación de estos elementos. Este circuito asegura una salida constante de 15 Voltios siempre y cuando el voltaje de salida de la batería sea superior a 7V (ver apartado “4.2 Etapas de potencia” de este documento). Esta es la cifra a partir de la cual se considera que la batería ha quedado descargada siendo necesario realizar el siguiente protocolo de carga:

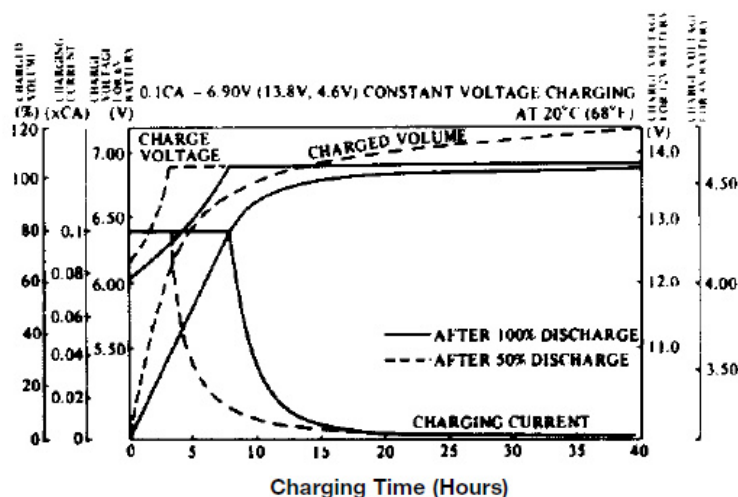


Figura 23 - Proceso de carga de la batería

Al finalizar el proceso, cuando el consumo de amperaje se aproxime a 0 Amperios, la batería puede considerarse cargada.

4.2 Etapas de potencia

La etapa de potencia será la encargada de adecuar la tensión suministrada por la batería, a los diferentes niveles de tensión que requieren el resto de sistemas del robot para su adecuada alimentación. Dichos niveles de tensión se muestran a continuación:

- o El motor **Bernio** modelo **MR 615 30 Q** seleccionado para esta aplicación, permite una alimentación que varía en un rango comprendido entre 12 y 24V (ver apartado “12.1 Hojas de Características” de este documento). Una posibilidad hubiera sido alimentar los motores directamente con la fuente de alimentación, ya que esta proporciona el nivel mínimo de tensión (12V) que requieren los motores. El principal inconveniente radica en que la batería sólo es capaz de generar dicho nivel de tensión cuando se encuentra completamente cargada; cuando comienza a descargarse, el nivel de tensión a la salida de la fuente de alimentación es de menos de 12V, lo que genera un mal funcionamiento en los mismos. La elección de esta opción implica no aprovechar al máximo la capacidad de la batería sometiéndola a constantes cargas para mantener su salida al máximo nivel de tensión. Por ello, se decidió incluir en la placa de potencia una etapa que elevase la salida de la batería hasta **15V** para asegurar un buen funcionamiento de los motores así como un buen aprovechamiento de la batería. Con este nivel de tensión se alimentará también la placa Linux, que puede ser alimentada con tensiones de 5 a 28V (ver apartado “5 Sistema de control” de este documento).
- o Por otro lado es necesario que la etapa de potencia genere una salida de **5V** requeridos para la alimentación de la placa de servomotores, la placa de drivers y la placa sensorial.

Por lo tanto, deberán diseñarse dos etapas de potencia que transformen los 12V procedentes de la batería, en los 15V y 5V que requiere la alimentación de los distintos sistemas del robot.

Para diseñar la etapa elevadora, que transforma un nivel de tensión de 12V en 15V, se recurrió a la familia de reguladores LM1577/LM2577. Estos dispositivos son circuitos integrados monolíticos capaces de proporcionar todas las funciones activas de un elevador de tensión. Dentro de dicha familia, existen reguladores que producen una tensión fija de salida de 12V o 15V y una versión de salida ajustable.

Teniendo en cuenta las necesidades de esta aplicación se ha utilizado un regulador LM2577T-15V, cuyas principales características se muestran a continuación:

Electrical Characteristics—LM1577-15, LM2577-15						
Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in bold type face apply over full Operating Temperature Range . Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, and $I_{SWITCH} = 0$.						
Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-15 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-15 Limit (Note 5)	Units (Limits)
SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 2 (Note 6)						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 5\text{V to } 12\text{V}$ $I_{LOAD} = 100\text{ mA to } 600\text{ mA}$ (Note 3)	15.0	14.50/ 14.25 15.50/ 15.75	14.50/ 14.25 15.50/ 15.75	V V(min) V(max)
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	Line Regulation	$V_{IN} = 3.5\text{V to } 12\text{V}$ $I_{LOAD} = 300\text{ mA}$	20	50/ 100	50/ 100	mV mV(max)
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{LOAD}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 5\text{V}$ $I_{LOAD} = 100\text{ mA to } 600\text{ mA}$	20	50/ 100	50/ 100	mV mV(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 5\text{V}$, $I_{LOAD} = 600\text{ mA}$	80			%
DEVICE PARAMETERS						
I_S	Input Supply Current	$V_{FEEDBACK} = 18.0\text{V}$ (Switch Off)	7.5	10.0/ 14.0	10.0/ 14.0	mA mA(max)
		$I_{SWITCH} = 2.0\text{A}$ $V_{COMP} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)	25	50/ 85	50/ 85	mA mA(max)
V_{UV}	Input Supply	$I_{SWITCH} = 100\text{ mA}$	2.90			V

Figura 24 - Características técnicas regulador LM2577T-15V

Como puede observarse en la Figura 24, este regulador es capaz de obtener una salida constante de 15V a partir de una entrada típica que puede variar entre los 5 y los 12V, lo que lo hace idóneo para esta etapa. Siguiendo las recomendaciones del fabricante se diseñó el circuito de acondicionamiento del dispositivo siguiendo el siguiente esquema:

Typical Application

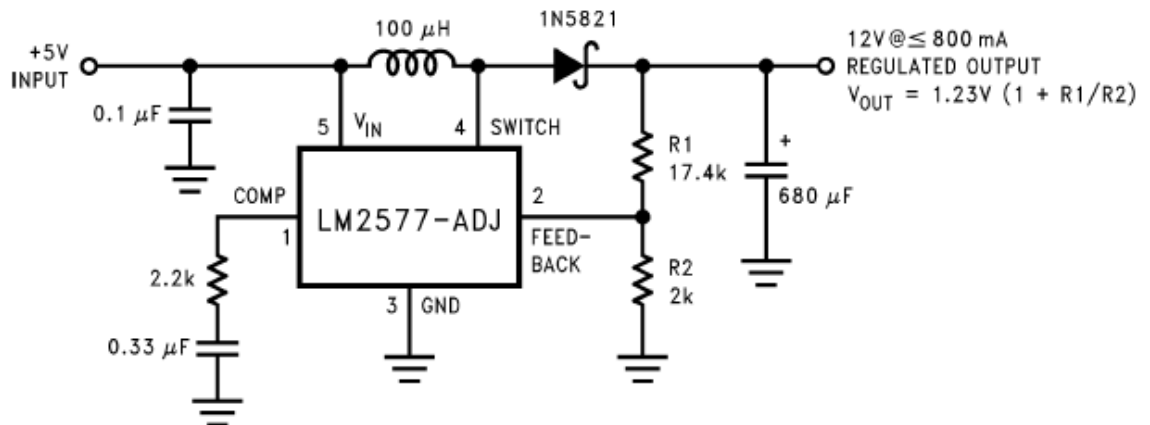


Figura 25 - Circuito de acondicionamiento LM2577T-15V

Para obtener el nivel de tensión de 5V que demandan determinados sistemas del robot, se recurrió a la familia de reguladores LM2596. Como en el caso anterior, estos dispositivos son circuitos integrados monolíticos, esta vez capaces de proporcionar todas las funciones activas de un reductor de tensión. Este dispositivo está disponible con voltajes fijos de salida de 3.3V, 5V y 12V así como en una versión de salida ajustable.

En este caso se seleccionó un regulador LM2596T-5.0 capaz de ajustar una salida fija de 5V y cuyas principales características se muestran a continuación:

LM2596-5.0 ([Note 1]. Test Circuit Figure 2)

Output Voltage ($V_{in} = 12\text{ V}$, $I_{Load} = 0.5\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_{out}	4.9	5.0	5.1	V
Output Voltage ($8.0\text{ V} \leq V_{in} \leq 40\text{ V}$, $0.5\text{ A} \leq I_{Load} \leq 3.0\text{ A}$)	V_{out}	4.8	5.0	5.2	V
$T_J = 25^\circ\text{C}$		4.75	–	5.25	
$T_J = -40\text{ to } +125^\circ\text{C}$					
Efficiency ($V_{in} = 12\text{ V}$, $I_{Load} = 3.0\text{ A}$)	η	–	80	–	%

Figura 26- Características técnicas regulador LM2596T-5V

Como puede observarse en la Figura 26, la entrada del regulador puede tomar valores comprendidos entre 8 y 40V por lo que la entrada de 12V proporcionada por la batería se encuentra dentro de estos márgenes.

Siguiendo las recomendaciones del fabricante se diseñó el circuito de acondicionamiento del dispositivo siguiendo el siguiente esquema:

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)

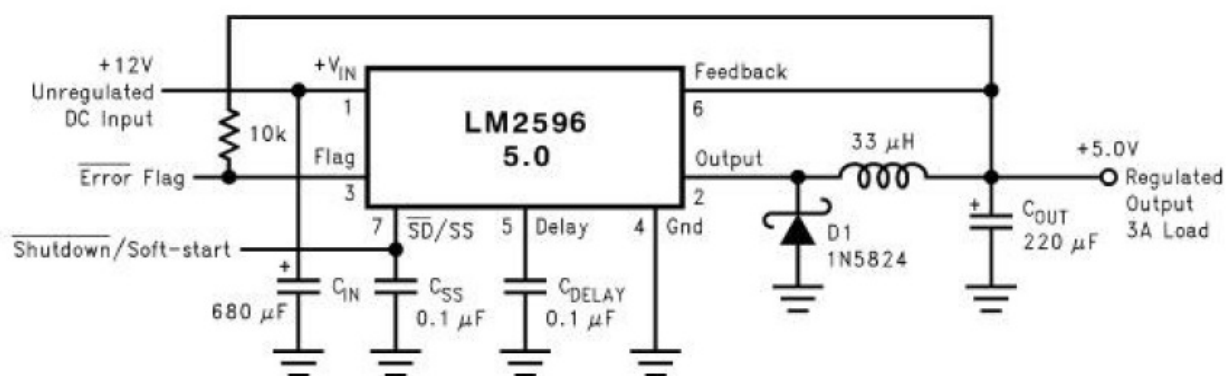


Figura 27 - Circuito acondicionamiento LM2596T-5V

Como se muestra en la Figura 28, tanto las entradas de la placa como las salidas a los niveles de tensión requeridos se realizaron mediante conectores molex. Con ello se pretende mejorar la conexión y la alimentación de todos los sistemas del robot.

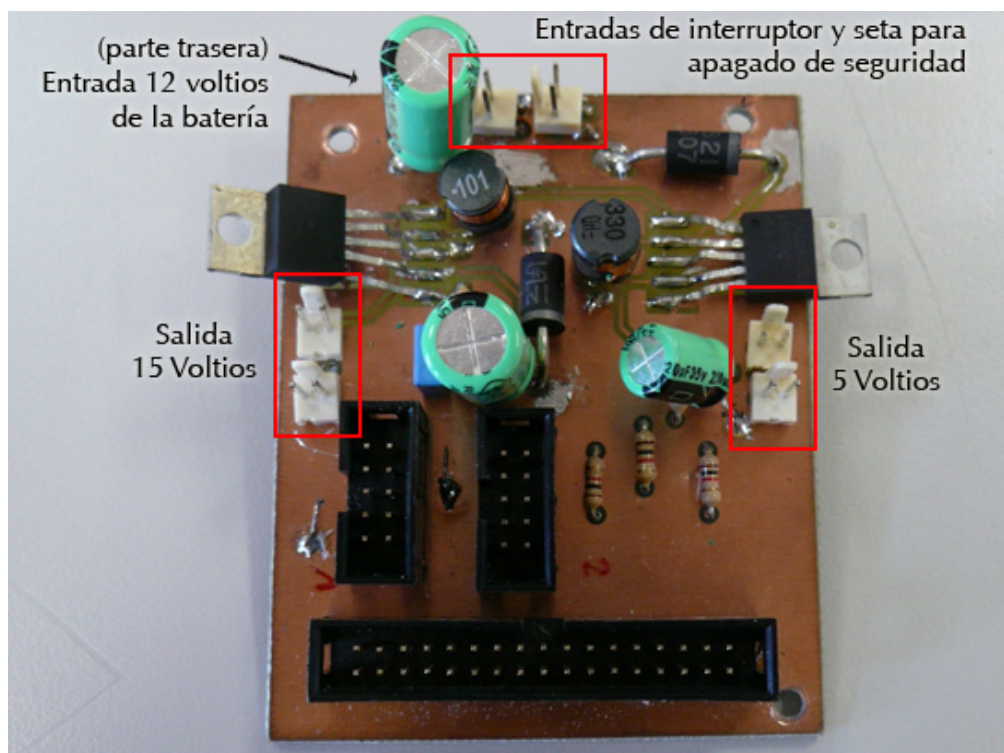


Figura 28 - Imagen de la placa de potencia

Además de la distribución de la alimentación del sistema, la placa de potencia se diseñó de forma que sirviera de enlace entre la placa de servo-motores y la placa de drivers. A través de ella circula la información de control que la placa de servo-motores debe hacer llegar a la placa de drivers para generar movimiento en los motores. El desplazamiento de cada motor será cuantificado por un encoder, que enviará una interrupción a la placa de drivers en forma de pulsos, a partir del movimiento de cada rueda (ver apartado “6.1.3 Encoders” de este documento). Este flujo de interrupciones se transferirá desde la placa de drivers hasta la placa de servo-motores, a través de la placa de potencia.

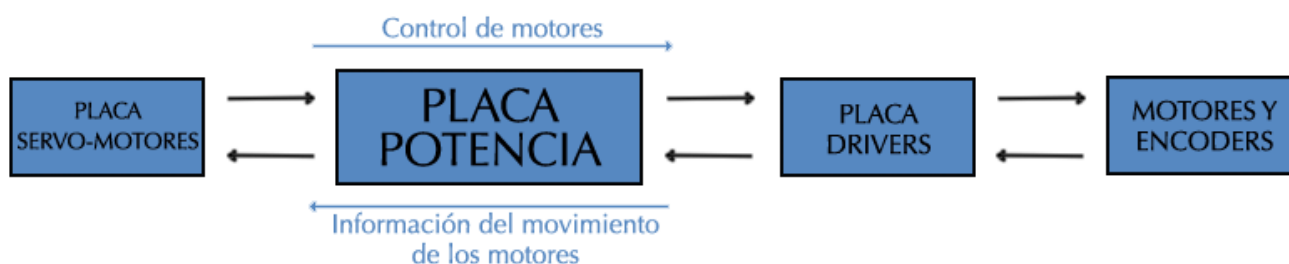


Figura 29 - Flujo de datos e información de control a través de la placa de potencia

Con este diseño se pretende simplificar el conexionado minimizando y centralizando el número de cables del robot. En la Figura 30 se muestran las conexiones de la placa de potencia que permiten a ésta actuar como intermediaria entre las distintas placas de control (ver apartado “5 Sistema de control” de este documento).

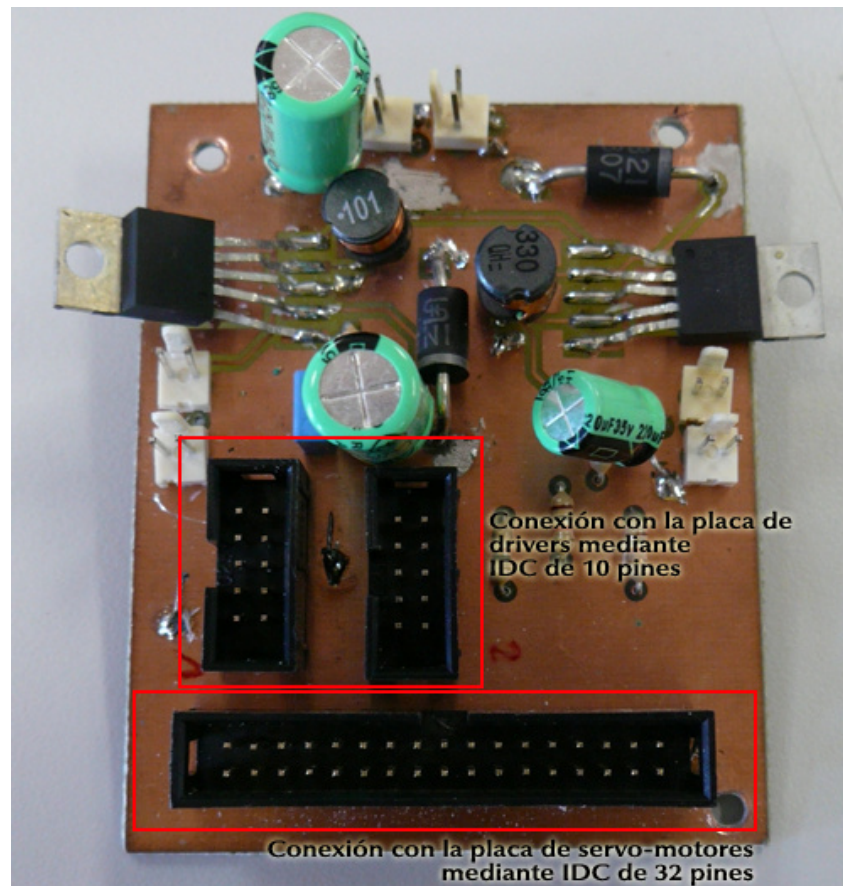


Figura 30 - Conexiones de placa de potencia

4.3 Placa de drivers

El motor *Bernio* [17] modelo *MR 615 30 Q* seleccionado para esta aplicación es un motor de corriente continua [18]. En este tipo de motores, el sentido de giro viene determinado por el sentido de la corriente que lo atraviesa. Por otro lado, la velocidad de giro de dichos motores viene dada por el nivel de tensión media aplicada entre sus terminales, independientemente de la polaridad, es decir, cuanto mayor sea dicho nivel de tensión, mayor velocidad de giro del motor.

La placa de servo-motores genera la orden de producir el movimiento de los motores. A través de la placa de potencia, esta información llega a la placa de drivers, donde se traducen las señales de control y se suministra a los motores la energía necesaria en cada momento. Por lo tanto, la placa de drivers se encarga tanto de la generación del nivel de tensión adecuado entre los terminales del motor para conseguir la velocidad de giro exigida en cada caso, como de invertir o no el sentido de la corriente para a su vez invertir o no el sentido de giro de los motores.

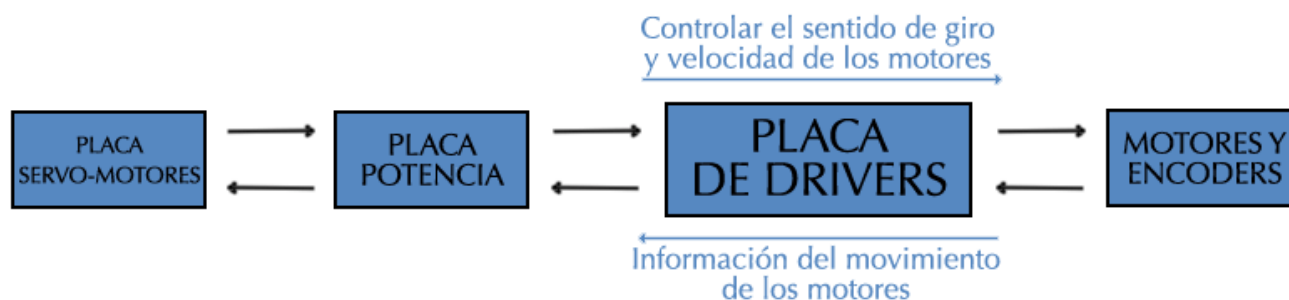


Figura 31 - Control de los motores que realiza la placa de drivers

El dispositivo clave de esta placa es el driver, encargado de adecuar los niveles de tensión y el sentido de la corriente mencionados anteriormente. La selección del driver está íntimamente relacionada con las características de los motores escogidos, ya que éstos deben ser capaces de soportar tanto las tensiones de alimentación nominales de los motores (12V) como las corrientes nominales (1,2A) y de pico (5,4A) que se generan (ver apartado “7.1.2 Motores” de este documento). Teniendo en cuenta estas limitaciones, se seleccionó un driver modelo LMD18200T, cuyas características principales se muestran a continuación:

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Total Supply Voltage (V_S , Pin 6)	60V
Voltage at Pins 3, 4, 5, 8 and 9	12V
Voltage at Bootstrap Pins (Pins 1 and 11)	$V_{OUT} + 16V$
Peak Output Current (200 ms)	6A
Continuous Output Current (Note 2)	3A
Power Dissipation (Note 3)	25W

Power Dissipation ($T_A = 25^\circ C$, Free Air)	3W
Junction Temperature, $T_{J(max)}$	150°C
ESD Susceptibility (Note 4)	1500V
Storage Temperature, T_{STG}	-40°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	300°C

Operating Ratings (Note 1)

Junction Temperature, T_J	-40°C to +125°C
V_S Supply Voltage	+12V to +55V

Figura 32 - Características driver LMD18200T

Como puede observarse en la Figura 32, este modelo de driver es capaz de operar en un rango de tensiones que varía entre los 12 y los 55V, pudiendo soportar niveles de corriente nominales de hasta 3A y corrientes de pico de hasta 6A.

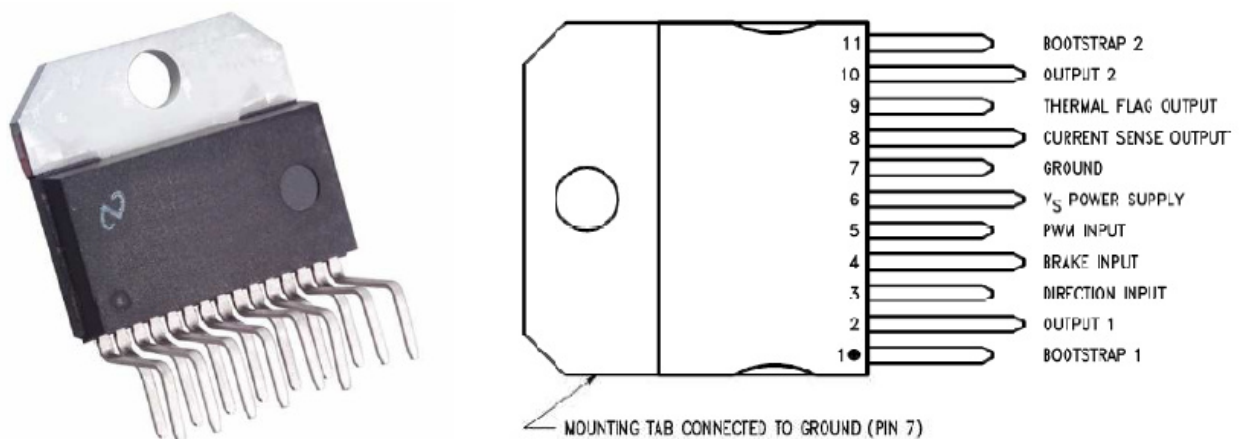


Figura 33 - Esquema de conexiones driver LMD18200T

Además, este dispositivo posee una configuración en puente H, lo que permite un control sencillo a través de tres señales generadas en el microcontrolador (ver apartado “5 Sistema de Control” de este documento). Dichas señales se muestran a continuación:

- **“Direction input”** (pin3). Señal PWM asociada a **dirección**.
- **“Brake input”** (pin4). Señal continua asociada a **freno**.
- **“PWM input”** (pin5). Señal PWM asociada a **velocidad**.

Es necesario tener en cuenta algunas peculiaridades a la hora de generar las PWM [19] que controlan tanto la señal de “dirección” como la de “velocidad”. En el primer caso se sitúa el punto de equilibrio, es decir, motores sin movimiento, para un ciclo de trabajo de la PWM del 50%. El movimiento en un sentido se realizará para un ciclo de trabajo de 25% mientras que el movimiento en sentido contrario se conseguirá a partir de un ciclo de trabajo del 75%. Sin embargo, en el caso de la señal de “velocidad”, el ciclo de trabajo de la PWM será proporcional a la velocidad deseada en cada caso.

Los drivers transformarán las señales de control recibidas a su entrada en una salida adecuada de modo que los motores realicen el movimiento requerido en cada caso. Dicha salida se transmitirá a los motores a través de los terminales Output1 (pin2) y Output2 (pin 10) del encapsulado.

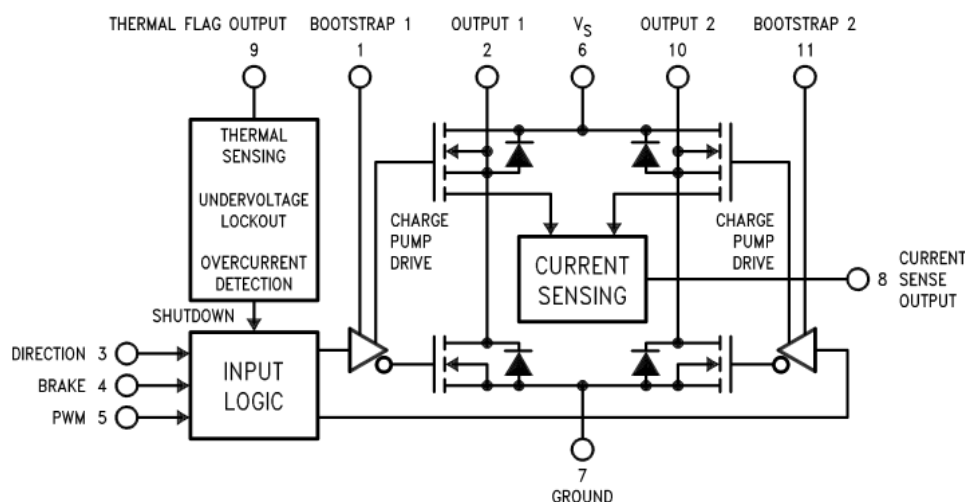


Figura 34 - Diagrama de bloques del driver LMD18200T

El movimiento del robot se basa principalmente en el manejo independiente de los motores, mediante el cual se llevarán a cabo maniobras que no serían posibles si el control del movimiento se realizase de forma conjunta. Por ello, es necesario que cada motor esté gobernado por un driver diferente. Para asegurar una buena conexión de esta placa tanto con los motores como con la placa de potencia se utilizaron conectores IDC, tal y como muestra la Figura 35.

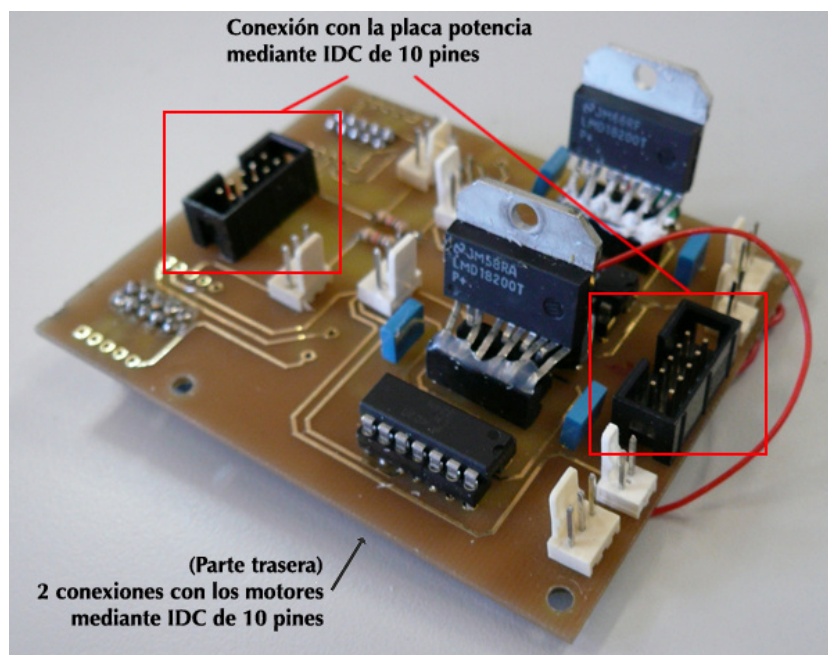


Figura 35 - Conectores placa drivers

Uno de los problemas que se observó al poner esta placa en funcionamiento fue que la entrada de freno se activaba al recibir algún tipo de señal de ruido procedente del microprocesador. Esto suponía un mal funcionamiento del sistema, que impedía el correcto avance de los motores. Por ello se decidió conectar esta entrada a masa de forma que los motores quedaran libres, generando la acción de frenada mediante la señal de "dirección".

5 Sistema de control

El sistema de control es indispensable para dotar al robot de autonomía. Dicho sistema es el encargado tanto de gestionar la información externa que recibe a través de los sensores como de generar una respuesta entendible por los actuadores. En este caso, el sistema de control está formado por dos placas, la que denominaremos “placa Linux” y la placa de servo-motores.

En la Figura 36 se muestra un esquema general de conexiones del sistema de control del microrobot.

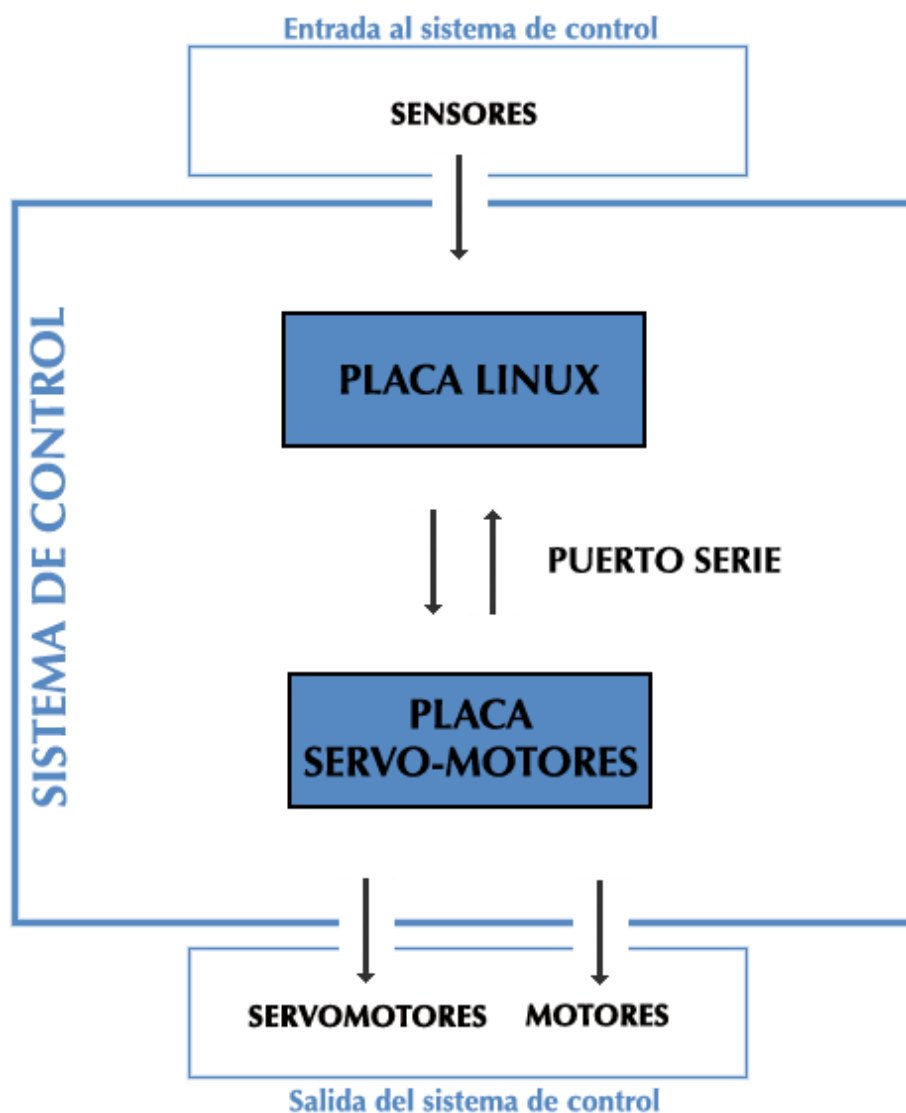


Figura 36 - Esquema general del sistema de control

En la “placa Linux” se ejecutarán los principales procesos del sistema de control. Además, percibirá la situación exterior mediante las señales procedentes de los sensores, información que será de vital importancia para determinar la estrategia del robot. Esta placa se engloba dentro de los ordenadores conocidos como SBC (Single Board Computer) [9], es decir, actúa como un ordenador integrado en una única placa. Este tipo de dispositivos disponen de todos los elementos de un ordenador operativo, incluyendo el procesador, la memoria principal y el almacenamiento secundario. En este caso se seleccionó un modelo TS-7350, cuyas características principales son:

- o CPU ARM9 a 200MHz
- o 32MB SDRAM de memoria
- o 5K LUT FPGA
- o Conector flexible de 64-pin tipo PC/104
- o Puerto Ethernet 10/100
- o 2 puertos USB 2.0
- o Ranura para tarjeta SD
- o 3 puertos RS-232, 2 puertos TTL COM
- o Cabeza de 40 pines con salidas y entradas de tipo ADC, SPI, I2C, DIO...
- o Soporta temperaturas entre -40° y +70°C
- o Alimentada con voltajes desde 5 hasta 28VDC
- o Arranca Linux 2.6 en aproximadamente 1 segundo.

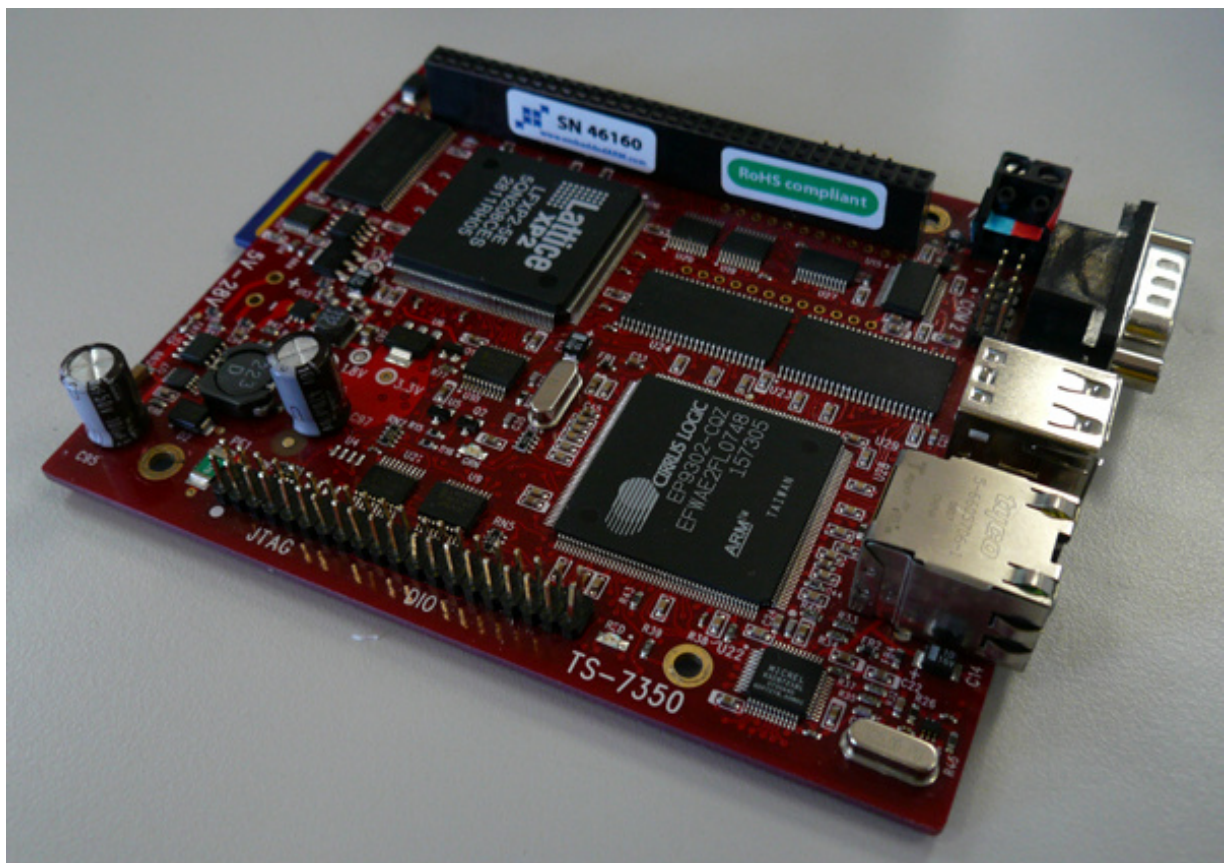


Figura 37 - Single Board Computer

La placa además está dotada de diferentes tipos de conectores que permiten conectarla de modo sencillo al resto de placas del sistema: Ethernet [10], puerto serie (RS232) [11], USB [12], multitud de entradas analógicas/digitales, lo que hace que esta placa sea muy útil en aplicaciones robóticas.

- **Ethernet.** Utilizado para conectar con un ordenador de sobremesa o portátil, con el fin de establecer una comunicación entre ellos mediante el protocolo Telnet [13].
- **Puertos USB.** Posibilita la ampliación del almacenamiento permanente mediante la conexión de memorias Flash [14].
- **Entradas analógicas/digitales.** Utilizadas para la introducción al sistema de información del entorno, ya sea proveniente de interruptores, anilla de arranque, sensores infrarrojos, sensores de final de carrera o cualquier otro dispositivo de percepción.
- **Puerto serie (RS232).** Empleado para comunicar esta placa con la placa de servo-motores.

La placa de servo-motores es la encargada de traducir las órdenes generadas por la placa Linux en señales entendibles por los actuadores. Esta placa actúa como esclava, llevando a cabo únicamente funciones de bajo nivel. Las comunicaciones con los otros sistemas del robot se realizan a través de los siguientes conectores:

- **Puerto serie (RS232).** Comunicación con la placa Linux.
- **Conectores IDC.** Comunicación indirecta con los motores a través de la placa de potencia.
- **Conectores molex.** Comunicación con servomotores.

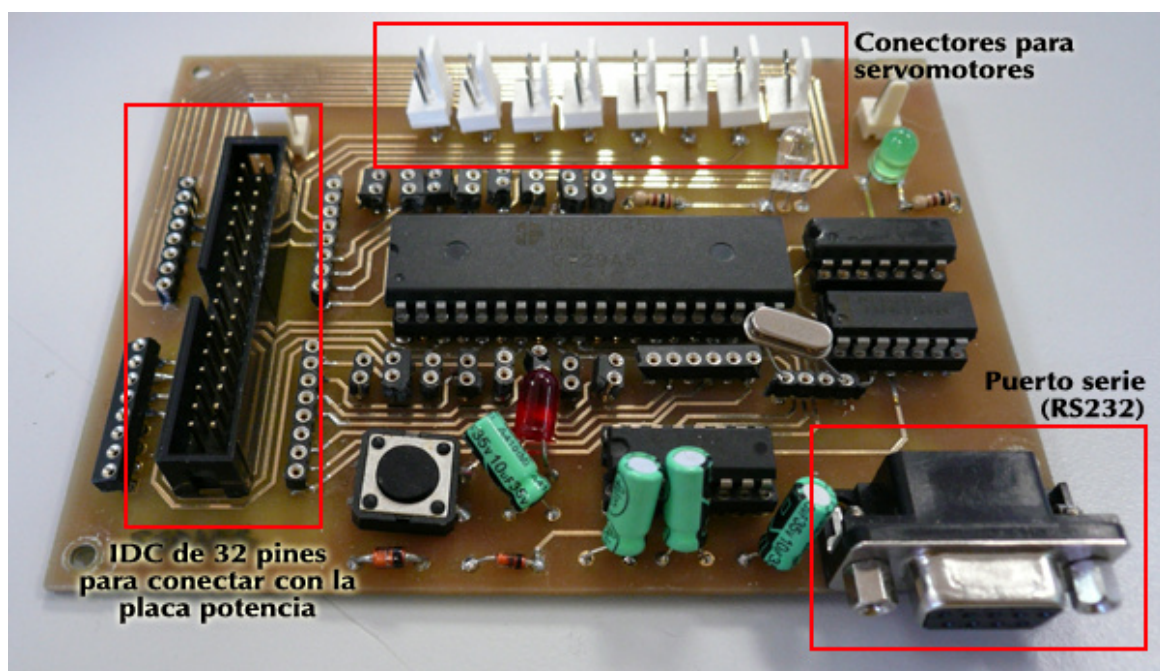


Figura 38 - Conexiones de placa de servo-motores con el resto de placas

El elemento central de la placa de servo-motores es el microprocesador 8052, modelo DS89C450 [25]. Este dispositivo electrónico posee una memoria Flash de 64kB dividida en dos módulos de 32kB utilizados como memoria de programa (ROM). Además, cuenta con 1kB de memoria SRAM que puede ser utilizada como memoria de datos (RAM). Este modelo está desarrollado con una arquitectura 8051 [15] de alta velocidad, lo que le permite ejecutar instrucciones hasta 12 veces más rápido que los modelos tradicionales, alcanzando velocidades de reloj de hasta 33MHz (ver apartado “12.1 Hojas de Características” de este documento).

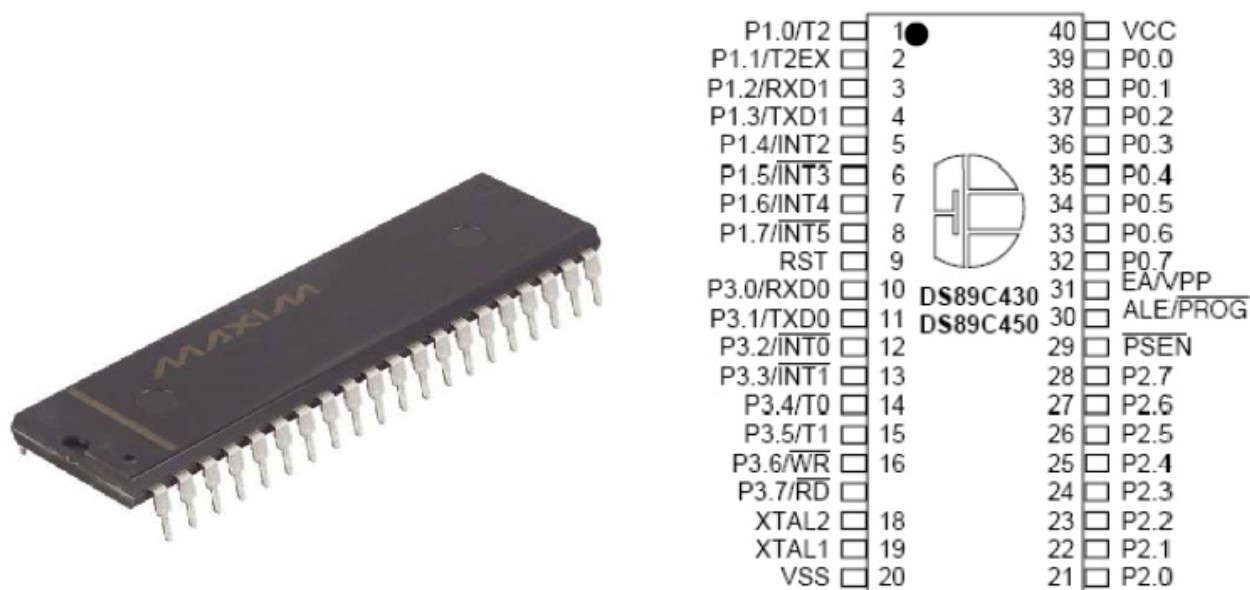


Figura 39 - Encapsulado y patillaje del microcontrolador 8052

El primer paso a la hora de implementar el software de control tanto de motores como de servomotores será adjudicar a cada uno de estos elementos una salida del microcontrolador. Las necesidades a este respecto son:

- o **Cuatro** salidas para el control de motores: dos para el sentido de giro y dos para la señal PWM que determine la velocidad de giro de cada uno de los motores.
- o **Ocho** salidas para el control de los servomotores.

En la Figura 40 se muestra la asignación de las salidas del microcontrolador tanto para el control de los motores como para el control de los servomotores:

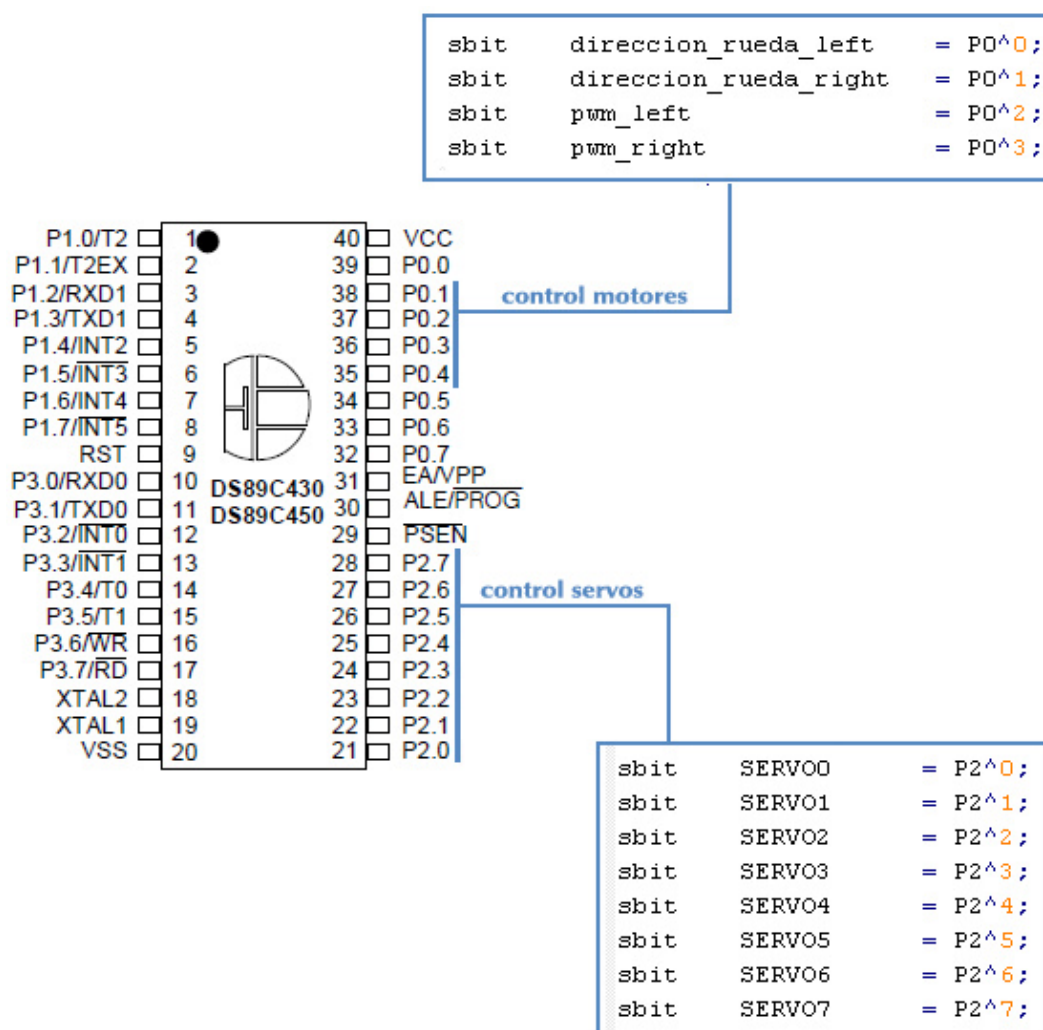


Figura 40 - Asignación de las salidas del microcontrolador DS89C450

Es importante destacar que la placa de servomotores se diseñó con más conexiones de las necesarias, ante su posible reutilización en posteriores ediciones de la competición. Se incorporaron al diseño una serie de leds indicadores de estado cuyo objetivo fue permitir una rápida y eficiente comprobación del buen funcionamiento del sistema. La ausencia de iluminación de estos leds indicaría una avería en la placa mientras que el tono del diodo tricolor señalaría el modo de funcionamiento (modo programación o modo ejecución); un último led se encarga de suministrar información acerca de la correcta alimentación de la placa.

En la Figura 41 se muestra la conexión de la placa de servomotores al sistema de alimentación.

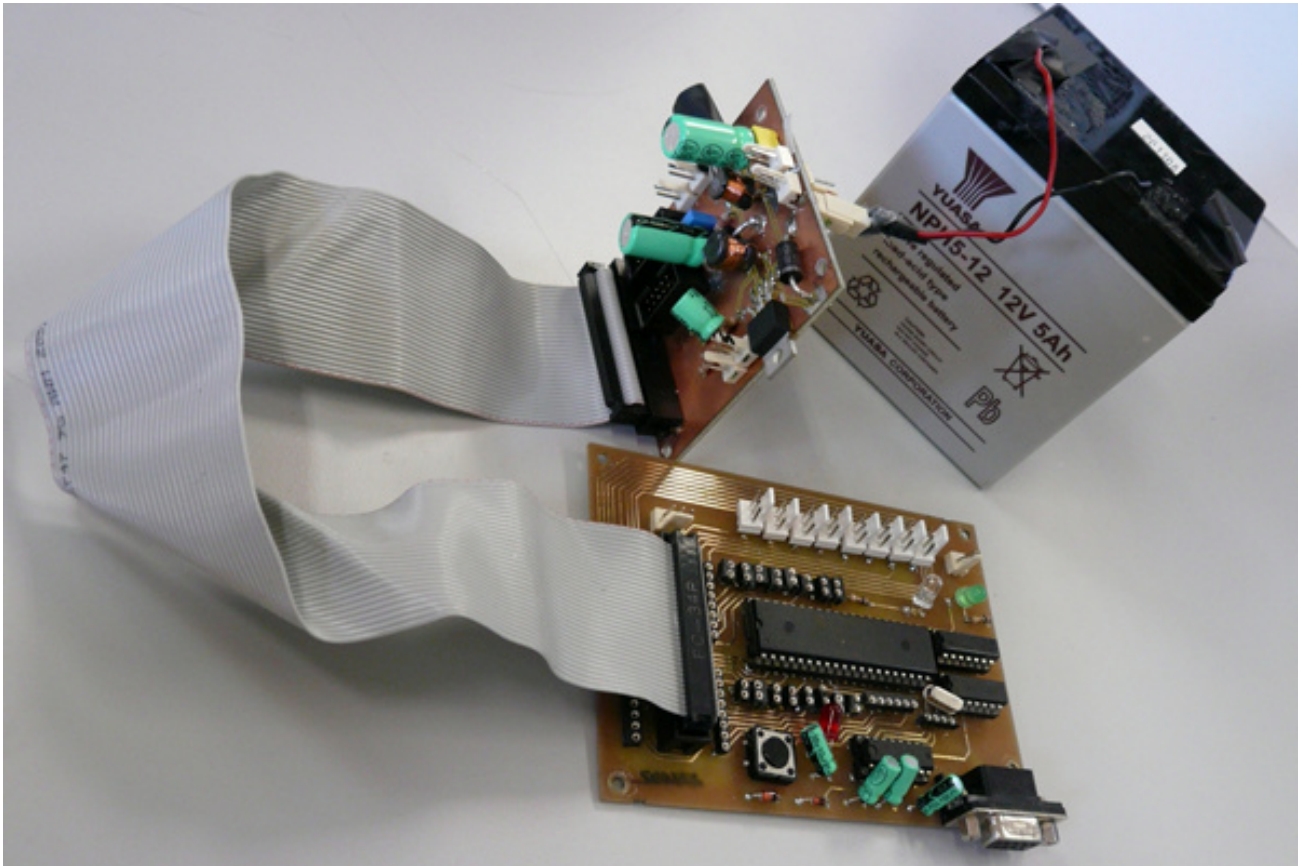


Figura 41 - Conexión placa servomotores al sistema de alimentación

En el apartado “**8.3 Aplicación gráfica de control de servomotores y motores**” de este documento se ha desarrollado un guión que facilita la utilización y manejo de las aplicaciones necesarias para trabajar con la placa de servo-motores.

6 Sistema sensorial

El sistema sensorial permite al robot obtener información del exterior, imprescindible en la toma de decisiones que todo robot autónomo debe llevar a cabo. Para ello ha sido necesario utilizar diferentes tipos de sensores, cuya misión es captar información del exterior que sirva como entrada al sistema de control, encargado de generar la respuesta adecuada en cada momento.

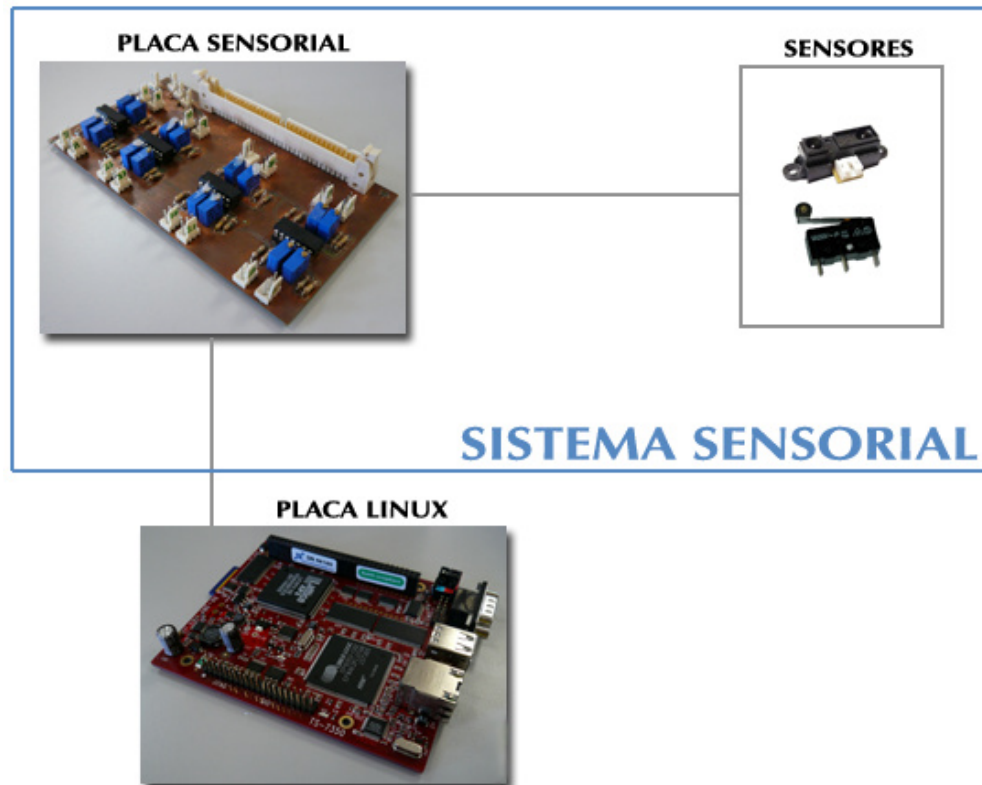


Figura 42 - Sistema Sensorial

En este apartado se describirán los distintos tipos de sensores utilizados en esta aplicación, así como la función que éstos cumplen. Además se detallará el diseño llevado a cabo para acometer el acondicionamiento de la señal de entrada procedente de los sensores, de modo que pueda ser interpretada por el sistema de control.

6.1 Sensores

El sistema sensorial está compuesto por diferentes tipos de sensores. Cada uno de ellos está situado en una parte concreta del robot, dependiendo de la función que desempeñe. Los sensores escogidos son los siguientes:

- **Sensores infrarrojos.** El robot está dotado de un total de 8 sensores infrarrojos de posición GP2D12-GP2D120 [22]. Estos dispositivos son utilizados tanto para situar al robot en el terreno de juego como para detectar a un rival, evitando posibles colisiones. La elección de éstos se debe principalmente a su buen comportamiento y a su sencillo acondicionamiento.
- **Sensores de contacto o sensores fin de carrera.** Estos sensores son muy sencillos de utilizar ya que directamente generan una salida digital que no necesita acondicionamiento.
- **Encoders.** Sensores ópticos situados en el eje del motor que se emplean para controlar el movimiento del robot. Con ellos se mide tanto la distancia recorrida por cada una de las ruedas, como la velocidad de giro de las mismas.

A continuación se detallarán las características principales de cada uno de los tipos de sensores mencionados anteriormente, así como su ubicación en el robot.

6.1.1 Sensores infrarrojos

Estos sensores son dispositivos electrónicos capaces de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión.

Su funcionamiento se basa en el hecho de que todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación. Para detectar un objeto, el sistema emitirá un pulso de luz infrarroja. En caso de que algún objeto se interponga en la trayectoria del haz de luz infrarroja, ésta se reflejará, generando un triángulo formado por el emisor, el punto de reflexión y el detector. La distancia entre el sensor y el objeto vendrá determinada por el ángulo de incidencia del haz, de modo que cuanto mayor sea éste, menor será la distancia entre el sensor y el objeto detectado [21].

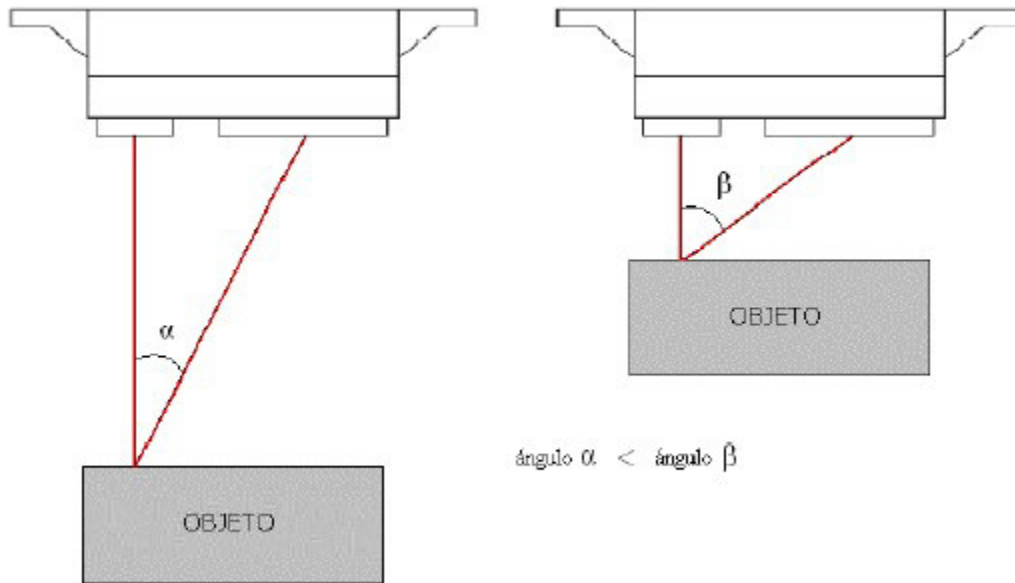


Figura 43 - Método de triangulación de los sensores infrarrojos

Una de las mayores ventajas de este tipo de sensores es que el color del objeto detectado no afecta en la medida de la distancia, ya que esta medida no está basada en la cantidad de luz que refleja el objeto sino en el ángulo de reflexión que incide en la lente del sensor.

Como la estrategia ideada requiere poder detectar objetos a distintas distancias, se decidió utilizar dos modelos diferentes de sensores infrarrojos con distinto intervalo de longitud de detección de objetos. Los modelos escogidos son **GP2D12** y **GP2D120** del fabricante SHARP.



Figura 44 - Sensor infrarrojo GP2D12

Las características más relevantes de ambos dispositivos se muestran a continuación:

GP2D12	
Rango	10 - 80cm
Periodo de lectura	40ms
Máximo ángulo de reflexión	>40°
Tensión de alimentación	4,5 – 5,5V
Consumo medio	35mA
Consumo de pico	200mA

GP2D120	
Rango	4 - 30cm
Periodo de lectura	32ms
Tensión de alimentación	4,5 – 5,5V
Consumo medio	33mA
Consumo de pico	50mA

Ambos sensores generan salidas analógicas de entre 0V y 3V dependiendo de la distancia a la que se encuentre el objeto detectado. Dichas salidas no mantienen una relación lineal con la distancia, sino que siguen las curvas que se muestran en la Figura 45.

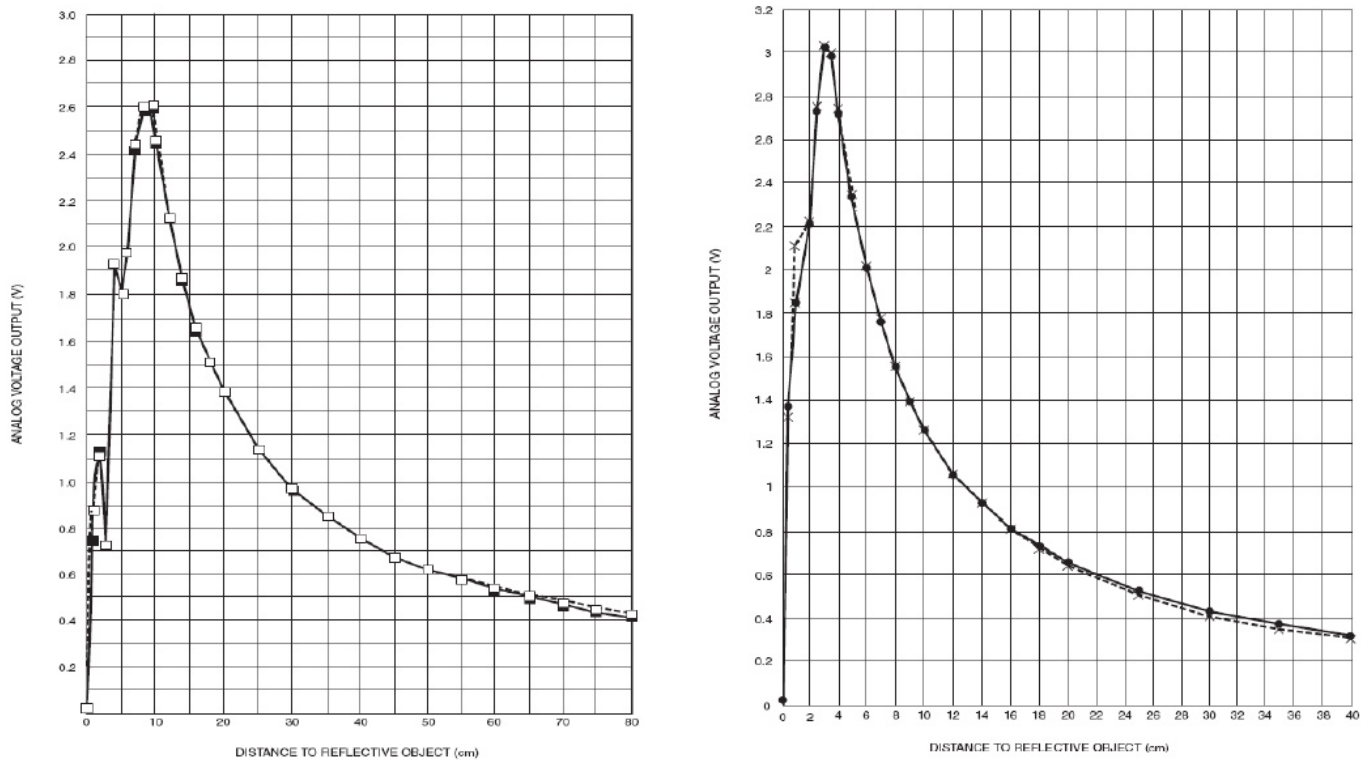


Figura 45 - Tensión salida Vs. Distancia sensores GP2D12 y GP2D120

Como puede observarse en la Figura 45, los sensores GP2D12 detectan objetos con certeza a una distancia que varía entre 10cm y 80cm, mientras que los GP2D120 a distancias comprendidas entre 4cm y 30cm. Los objetos situados fuera de estos intervalos de distancia generarán salidas de tensión impredecibles. Es por ello que la colocación del sensor debe realizarse de manera que los objetos a detectar se encuentren dentro de estos rangos. Para cada caso, deberá determinarse el sensor más idóneo dependiendo de la estrategia a llevar a cabo por el robot (ver apartado “8. Estrategia” de este documento). Atendiendo a este aspecto se decidió distribuir los sensores de la siguiente forma:

- **Sensores laterales.** Sobre la actuación de estos sensores se basa una de las líneas estratégicas principales del robot. Estos elementos son los encargados de cuantificar el número de obstáculos que se van sorteando, información importante a la hora de determinar la trayectoria a seguir a través del campo de juego. La distancia entre obstáculos es poco mayor que el ancho del robot, pasando éste ajustado entre dos de dichos obstáculos. Es por este motivo que se decidió que los sensores laterales fueran del modelo GP2D120, cuyo intervalo de distancias de detección óptima (entre 4cm y 10cm) es inferior al del otro modelo de sensores barajado.

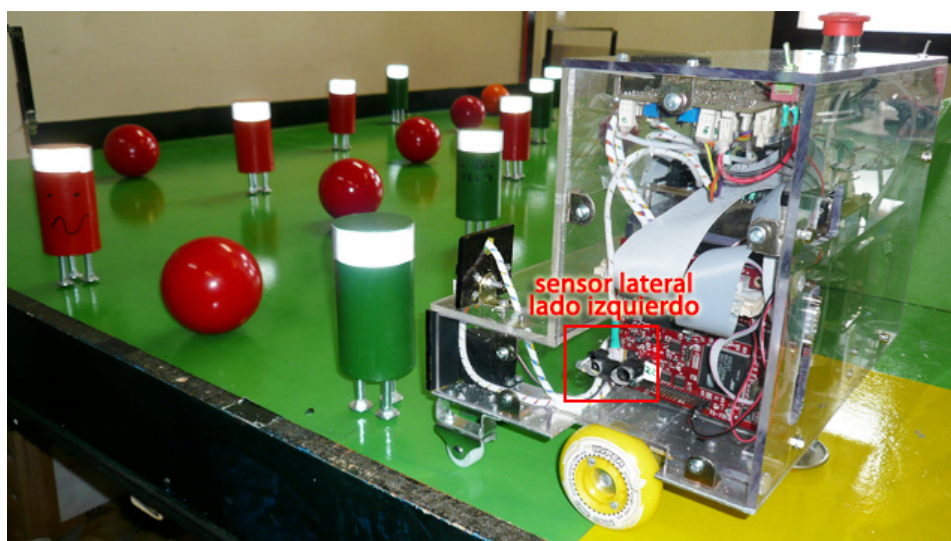


Figura 46 - Sensor lateral izquierdo

- **Sensores frontales.** Se colocaron un total de 6 sensores frontales cuya misión consistía en detectar tanto obstáculos como al robot rival. Para poder detectar una posible colisión con distancia suficiente para poder frenar a tiempo, se decidió que estos sensores fueran del modelo GP2D12, proporcionando así un mayor margen de reacción.

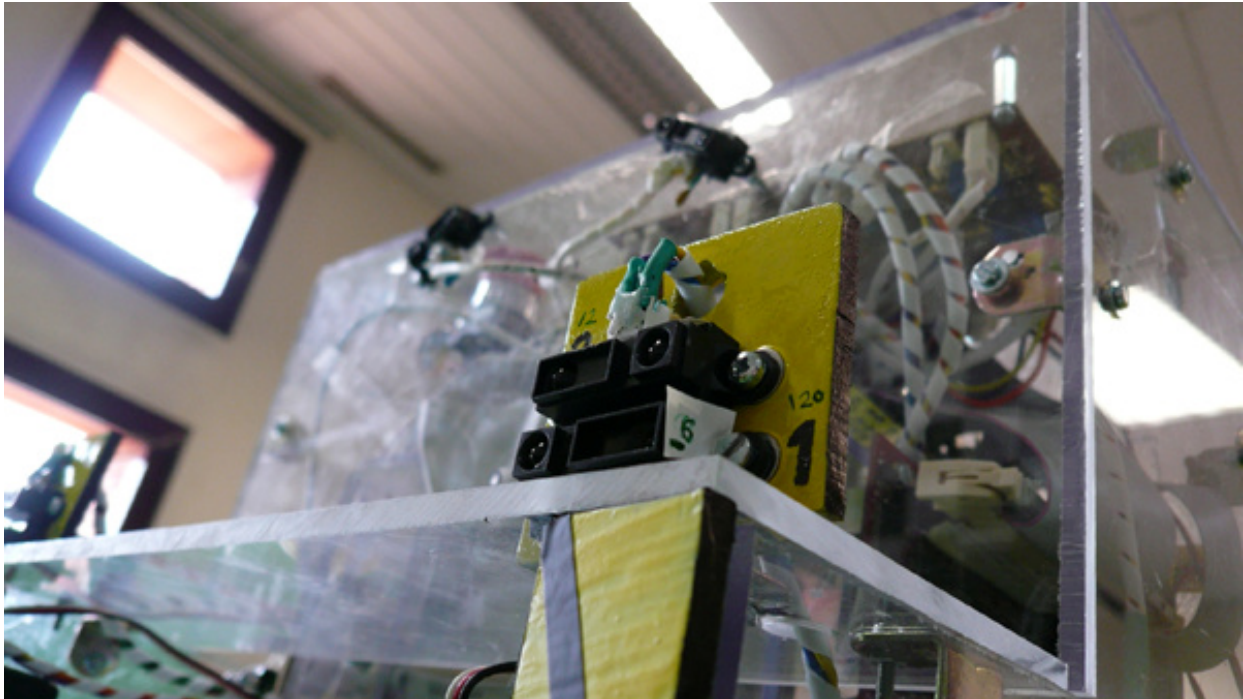


Figura 47 - Sensores frontales

Teniendo en cuenta que la distancia a la que se debe detectar cada uno de los objetos es fija, se decidió transformar la señal de salida analógica de cada sensor (V_o) en una señal digital, de modo que se indicara la presencia de un objeto mediante un “1” lógico y la ausencia del mismo a través de un “0” lógico. Dicho acondicionamiento de la señal se explicará con más detalle en el apartado “6.2 Placa sensorial” de este documento.

6.1.2 Sensores de contacto

Estos sensores, también denominados “sensores final de carrera” o “bumpers” son elementos que permiten detectar colisiones una vez han sido producidas. Estos dispositivos son conmutadores de dos posiciones, activado o desactivado, que retornan al estado de reposo a través de un muelle en caso de no existir un elemento que los mantenga activados.

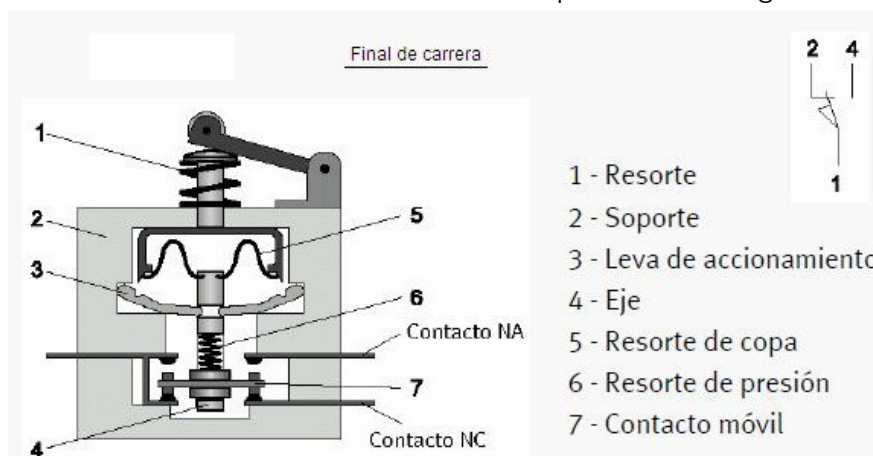


Figura 48 - Esquema interno de un sensor de contacto

En el caso de esta aplicación, el modelo utilizado ha sido el SS5GL2D [23]:



Figura 49 - Sensores de final de carrera SS5GL2D

Aunque no requieren circuito de acondicionamiento de la señal, ya que su salida es directamente digital, se ha dotado a la placa sensorial de 4 conexiones específicas que permitan también conectar estos bumpers, de modo que se simplifiquen las conexiones, centralizando todos los sensores en una misma placa. La ubicación de los bumpers se realizó de forma que se activasen cuando el robot llegara a su balanza de deposición de elementos. Los sensores se activaban al chocar con el larguero transversal de la portería situada junto a la balanza. Ante esta señal, el robot procedía a depositar los elementos recolectados en el campo, activando los servomotores que dotaban de movimiento a las palas de recogida del robot (ver apartado “7.2 Actuadores” de este documento).

6.1.3 Encoders

Los encoders son unos sensores ópticos situados en el eje de cada uno de los motores del robot. Estos dispositivos transforman el movimiento angular de dicho eje en una serie de impulsos digitales, que pueden ser utilizados para controlar desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal. Con ellos se medirá tanto la distancia recorrida por la ruedas, como la velocidad de giro de las mismas.

Estos elementos están formados por un disco transparente con una serie de marcas opacas equidistantes entre sí, un sistema de iluminación y un elemento fotoreceptor. El eje en movimiento se acopla al disco generándose un pulso cada vez que la luz atraviesa una marca, con lo que se puede conocer la posición de dicho eje.

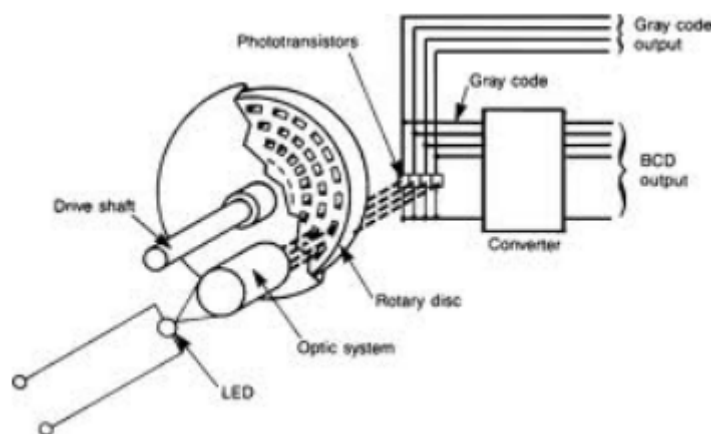


Figura 50 - Esquema de funcionamiento de un encoder

El modelo de encoder incorporado en los motores del robot es el EB50, del fabricante Bernio.

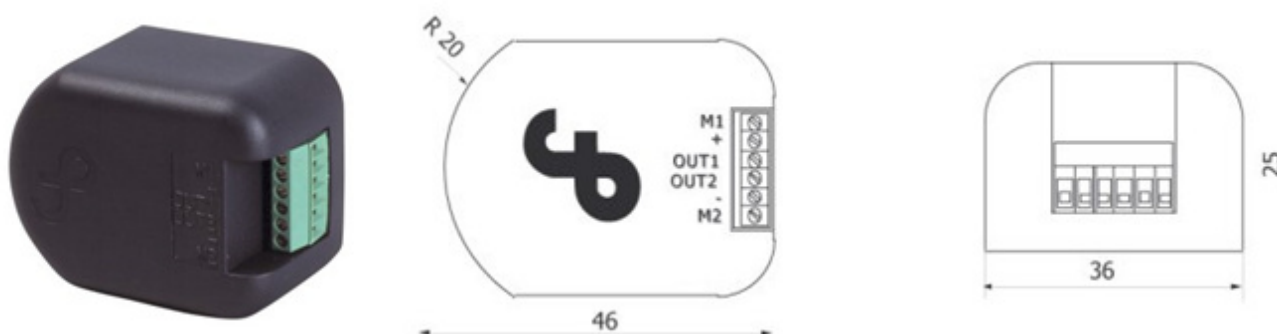


Figura 51 - Encoder Bernio EB 50

Estos dispositivos funcionan en modo unidireccional (50 pulsos por vuelta) o en modo bidireccional (25 pulsos por vuelta). Su rango de alimentación puede variar entre 6V y 24V, siendo necesario colocar una resistencia de pull-up entre la alimentación y la salida del dispositivo para obtener un buen acondicionamiento de la señal. Para asegurar un buen funcionamiento de los encoders se decidió fijar una alimentación de 15V procedente de la placa de potencia (ver apartado “4.2 Etapas de potencia” de este documento).

A la hora de calcular la distancia que ha sido recorrida por cada uno de los motores se deberá tener en cuenta que cada uno de ellos incorpora una reductora, cuyo factor de reducción es de 16:1. Dicho factor aumentará proporcionalmente el número de pulsos que se obtienen a la salida del encoder utilizando el modo bidireccional, de modo que se obtendrán 400 pulsos. Sabiendo que el radio de cada una de las ruedas solidarias al giro de los motores es de 36mm (ver apartado “7.1.1 Ruedas” de este documento), se puede determinar la longitud recorrida por el robot (L) en una vuelta completa mediante la siguiente expresión:

$$L = \pi \cdot 2r = 226,2\text{mm}$$

$$L/ppv = 226,2/400 = 0,56\text{mm}$$

La información anterior será de gran utilidad a la hora de posicionar el robot en el campo de juego. Para minimizar el error que pueda producirse en la medida de distancias a través de los encoders, el posicionamiento del robot en el campo se apoya también en la detección de objetos a través de sensores infrarrojos. Esto es posible porque la distribución de objetos alrededor del campo es siempre la misma.

6.2 Placa sensorial

La placa sensorial ha sido diseñada para cumplir dos funciones fundamentales. Por un lado cuenta con un circuito que acondiciona la señal de salida de los sensores infrarrojos transformándola en una señal “todo o nada”. Dicha información servirá como señal de entrada a la placa Linux, donde se generará la respuesta adecuada en cada caso. Por otro lado, la placa sensorial también recibe la salida de los bumpers, aunque ésta la retransmite tal cual al sistema de control. Toda la información externa percibida por los distintos sensores ubicados en el robot se concentra en esta placa, minimizando así el número de conexiones y simplificando la distribución de sensores por toda la estructura del robot.



Figura 52 - Entrada y salida de la placa sensorial

El acondicionamiento de la señal analógica de salida procedente de los sensores infrarrojos (GP2D12 y GP2D120) se realizó mediante un circuito basado en un disparador de Schmitt [16], cuyo esquema se muestra en la Figura 53.

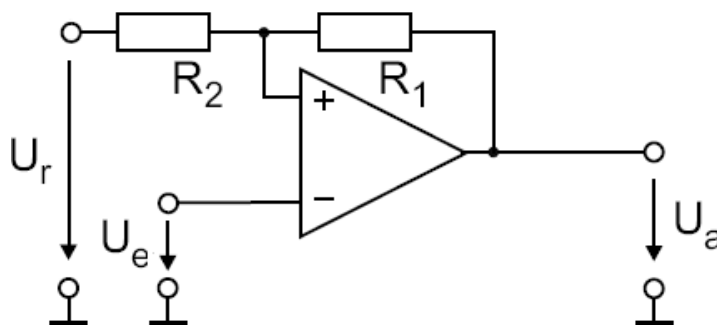


Figura 53 - Esquema configuración Báscula de Schmitt

Esta configuración hace que la salida cambie únicamente cuando la tensión en su entrada esté fuera de un intervalo de tensiones especificado a priori. Por tanto, el procedimiento se basa en la fijación de dos umbrales que permiten garantizar que no se produzcan falsos cambios de estado como consecuencia del ruido sumado a la señal original. Este funcionamiento es idóneo, ya que un comparador tradicional sólo permitiría detectar objetos a una distancia exacta, lo que supone un hecho bastante improbable al tratarse de objetos en movimiento. Este margen permite que el objeto detectado siga generando un “1” lógico mientras su distancia al robot no varíe considerablemente.

Los umbrales mencionados anteriormente se fijan mediante los valores de las resistencias R1 y R2 (ver Figura 53). Para poder variar la distancia a la que se desea detectar un objeto se implementó la resistencia R2 mediante un potenciómetro de 1M Ω . Ajustando el valor de dicho potenciómetro puede modificarse el intervalo de distancias de detección de su sensor asociado (ver Figura 54).

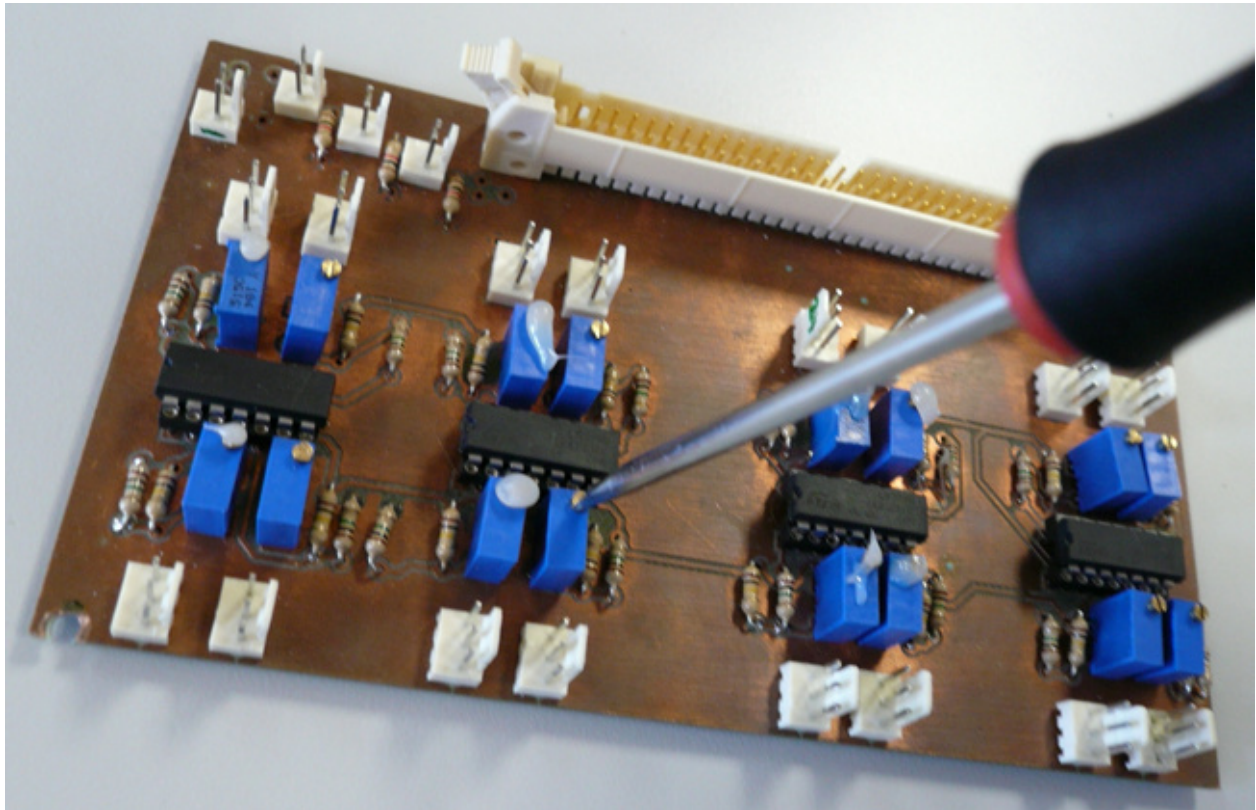


Figura 54 - Regulación del potenciómetro asociado a un sensor

Se han implementado en la placa sensorial más conectores de los necesarios para que pueda ser reutilizada en el futuro. La placa está dotada de suficientes entradas para poder conectar 4 sensores final de carrera y 16 sensores infrarrojos. Además, consta de un conector IDC de 64 pines para ser conectada a la placa Linux de forma eficiente y segura.

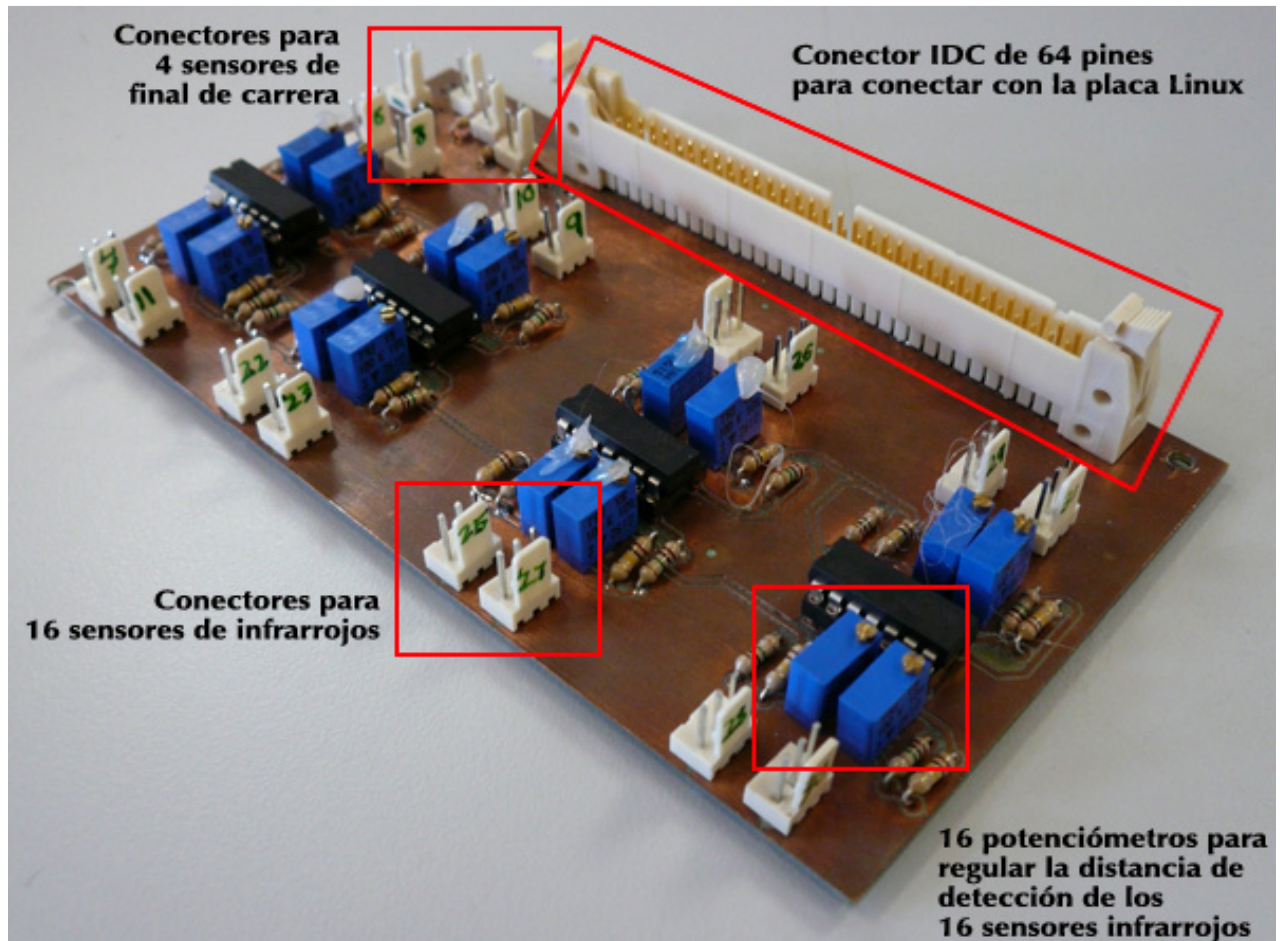


Figura 55 - Conexiones de la placa sensorial

7 Sistema locomotor y actuadores

A lo largo de este apartado se van a describir los elementos que forman parte del sistema locomotor así como su ubicación dentro de la estructura del robot. Además, se detallarán las características fundamentales de los actuadores que permiten el movimiento de la estructura.

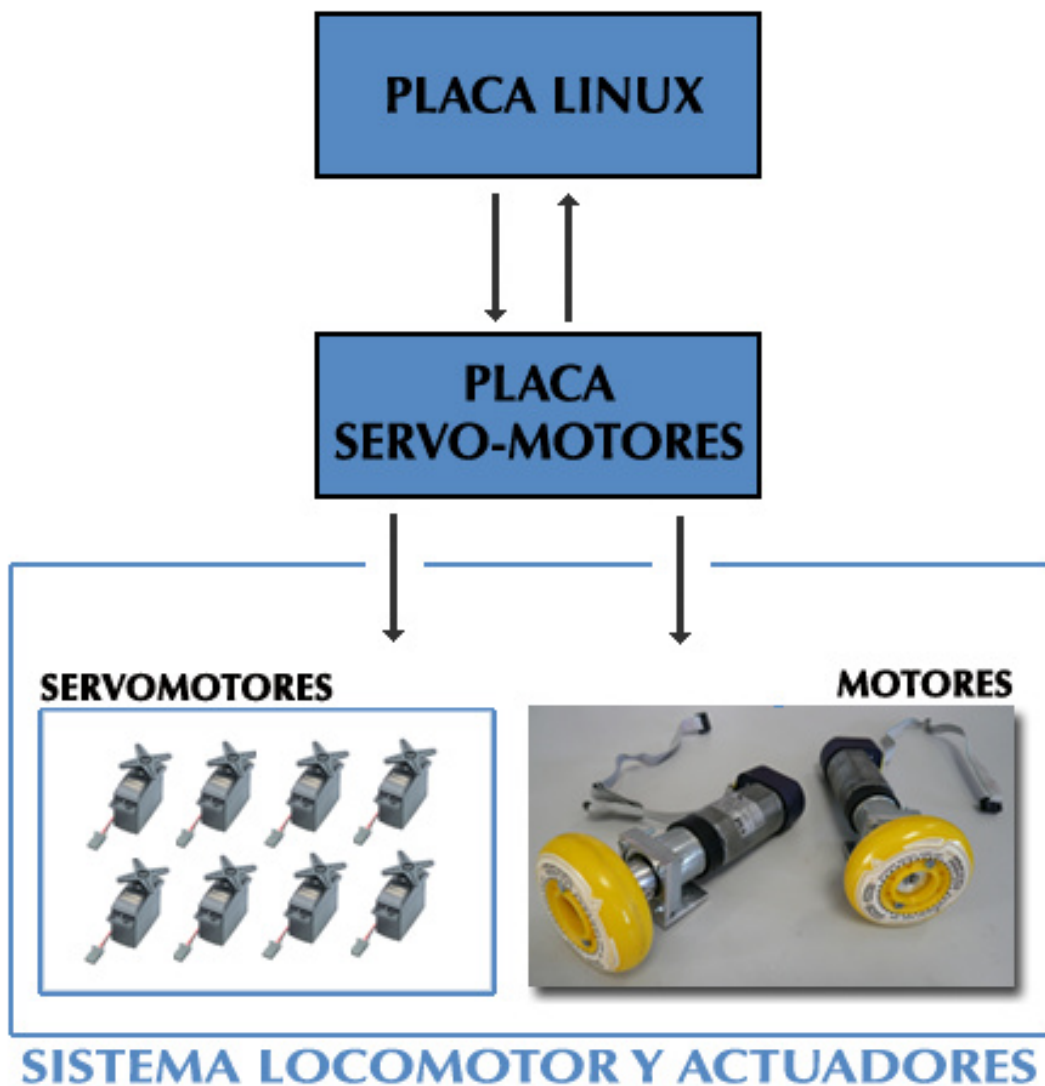


Figura 56 - Sistema locomotor y actuadores

Las características de estos elementos son importantes ya que condicionan el diseño de los dispositivos electrónicos comentados en apartados anteriores.

7.1 Sistema locomotor

El sistema locomotor es el encargado de proporcionar movimiento al robot en el campo de juego.

Desde el punto de vista de la tracción, los robots pueden basar su movimiento en actuadores-piernas o en movimiento por rodadura. Se seleccionó el movimiento por rodadura porque proporciona sencillez y precisión.

Existen diferentes configuraciones de disposición de las ruedas sobre la base del robot. La clasificación más común se muestra a continuación:

- **Diferencial.** Se caracteriza principalmente por su sencillez. Consta de dos ruedas situadas diametralmente opuestas en un eje perpendicular a la dirección del robot. Cada una de ellas está acoplada a un motor, por lo que pueden girar a distintas velocidades.
- **Triciclo.** Este caso se compone de dos ruedas traseras a las que no se les acopla motor y una rueda delantera donde se produce la tracción, y que será la encargada de dirigir el robot. Esta configuración es fácil de implementar, pero algo inestable.
- **Ackerman.** Posee dos ruedas motrices y dos directrices. Su característica principal radica en que cuando el robot gira, ambas ruedas directrices trazan circunferencias con el mismo centro. Esta configuración es energéticamente muy eficiente y permite giros a altas velocidades.
- **Sincronizada.** Consiste en tres o más ruedas, todas ellas dotadas de tracción y acopladas mecánicamente, de forma que todas rotan en la misma dirección y a la misma velocidad. Esta configuración se caracteriza por ser mecánicamente compleja.

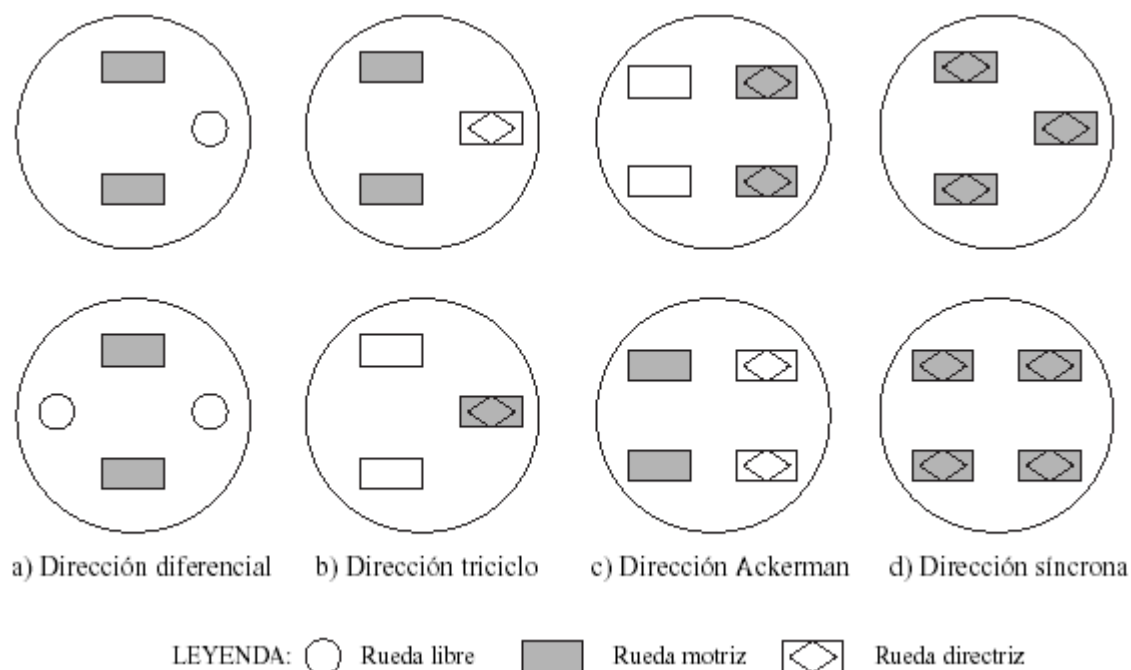


Figura 57 - Configuraciones típicas en la disposición de las ruedas

En este caso se optó por una configuración diferencial por dos motivos fundamentales. Por un lado permite generar un sistema de desplazamiento flexible y preciso, capaz de efectuar giros rápidos. Por otro lado, su sencillez mecánica facilita la adaptación de los motores a la base (ver apartado “7.1.2 Motores” de este documento).

7.1.1 Ruedas

Las ruedas comunican la tracción de los motores al suelo, produciéndose el desplazamiento del robot. En este caso se decidió disponer de dos tipos de ruedas con distintas funciones dentro del sistema locomotor del robot: las ruedas motrices, encargadas de transmitir movimiento a la base al girar solidarias al eje del motor, y las ruedas libres o locas, con el objetivo de mejorar la estabilidad.

Fue imprescindible tener en cuenta la adherencia a la hora de elegir las ruedas motrices. La importancia de esta característica aumentaba si se tenía en consideración la existencia de una rampa en el campo de juego sobre la que el robot debía desplazarse sin resbalar para alcanzar algunos de los elementos del juego. Con el presupuesto disponible, las ruedas que mejor se adaptaban a esta característica fueron las ruedas de patín. Se adquirió el modelo HYPER HOCKEY PRO 250, ruedas de silicona de 36mm de radio para patín en línea.



Figura 58 - Ruedas HYPER HOCKEY PRO 250

El dato del radio de la rueda es importante a la hora de calcular la distancia de avance del robot en cada pulso informado por el encoder que gira solidario al eje del motor (ver apartado "6.1.3 Encoders" de este documento). En la Figura 59 se puede observar el acople de las ruedas a los motores, encargados de generar su movimiento.



Figura 59 - Acople rueda-motor

Para aumentar la estabilidad del robot, evitando que se produzcan cabeceos al cambiar de dirección o frenar, fue necesario colocar una rueda libre o rueda loca. Este tipo de ruedas no van acopladas al movimiento del eje de un motor, sino que giran libremente pudiendo adaptarse a la dirección de movimiento en cada momento. Para hacer de dicha rueda un punto de apoyo fundamental en el robot, se colocó la batería de forma que todo su peso se apoyara en dicho punto.



Figura 60 - Rueda libre o rueda loca

Con dicha configuración se consiguió que el robot contara con suficiente estabilidad horizontal en todos sus movimientos.

7.1.2 Motores

Una vez seleccionada la configuración del sistema motriz, fue necesario elegir el modelo de motor, teniendo en cuenta que el sistema debía ser capaz de generar suficiente potencia para mover toda la carga del robot.

El tipo de motor seleccionado fue el modelo **MR 615 30 Q** del fabricante **Bernio** (acoplado a una reductora 16:1) cuya alimentación puede variar en un rango de voltajes comprendido entre los 12V y 24V (ver apartado “4.2 Etapas de potencia” de este documento). Estos motores de corriente continua ofrecen las características en cuanto a par y velocidad necesarias para dotar de movimiento al robot dentro de unos niveles de consumo moderados.



Figura 61 - Motor Bernio MR 615 30Q

Las principales características a tener en cuenta en el diseño hardware se muestran a continuación:

Type	Ratio	L mm	* R.P.M. no load min ⁻¹	* R.P.M. S 1 min ⁻¹	S1 Torque Nm	* R.P.M. S2 min ⁻¹	S2 Torque Nm	Max Torque Nm	I max A
615 30Q 1/16	16	101	315	260	0,51	221	0,88	3,1	5.4

Figura 62 - Características de motor Bernio MR 615 30Q con reductora 1/16

Además, será necesario considerar que en los motores de corriente continua, el sentido de giro vendrá determinado por el sentido de la corriente que los atraviesa, mientras que su velocidad de giro será proporcional a la tensión aplicada entre sus terminales. El control de estas magnitudes, en respuesta al estado tanto interno como externo del robot, se realizará mediante la placa de drivers (ver apartado “4.3 Placa de drivers” de este documento). El control de la distancia recorrida por cada uno de los motores se realizará a través de los encoders acoplados al eje de cada motor (ver apartado “6.1.3 Encoders” de este documento).

Otro de los aspectos a tener en cuenta para asegurar el correcto funcionamiento de los motores es el control de la corriente de pico de arranque, de 5.4 Amperios. Se debe garantizar que este nivel no se mantenga más allá de un par de segundos, pues esto podría llegar a dañar o incluso inutilizar el motor.

El principal inconveniente de este modelo de motores es su excesivo tamaño para aplicaciones microrobóticas. Los motores se colocaron debajo de la base por dos razones fundamentales: por un lado, esta disposición permitía disponer de mayor espacio a la hora de distribuir el sistema hardware en la estructura interna del robot. Por otro lado, se proporcionaba a la base la altura necesaria para poder recolectar objetos del campo de juego con mayor facilidad.

7.2 Actuadores

Los actuadores son los encargados de generar movimiento en los diferentes elementos del robot a partir de las órdenes de la unidad de control. Según la energía de activación que utilizan, los actuadores pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- **Neumáticos.** Estos dispositivos utilizan aire comprimido como fuente de energía. Son muy adecuados a la hora de realizar movimientos rápidos pero no demasiado precisos.
- **Hidráulicos.** Recomendables para aplicaciones con gran capacidad de carga y gran precisión en la velocidad.

- o **Eléctricos.** Son los dispositivos más utilizados principalmente por su simplicidad, precisión y fácil control.

Teniendo en cuenta las características mencionadas anteriormente se decidió utilizar actuadores eléctricos. Su principal inconveniente reside en su limitada capacidad de generación de potencia. En este caso no se requiere el movimiento de grandes cargas, por lo que estos dispositivos son idóneos dada su precisión y su simplicidad en el control.

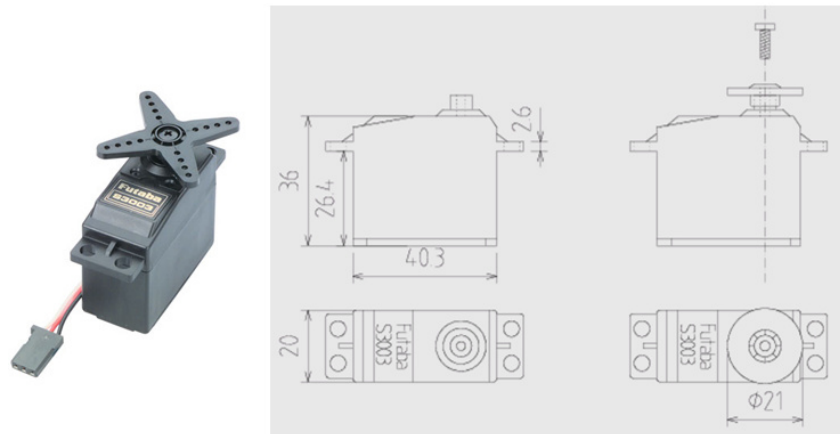


Figura 63 - Servomotor Futaba S3003

El sistema de accionamiento del robot se componía de dos servomotores **Futaba S3003** [20] que transmitían movimiento a cada una de las palas de recogida del robot. Las órdenes que regían su movimiento, debían asegurar que la salida de objetos se produjera sólo cuando éste se encontrara totalmente introducido en la balanza de deposición de objetos (ver apartado “6.1.2 Sensores de contacto”).

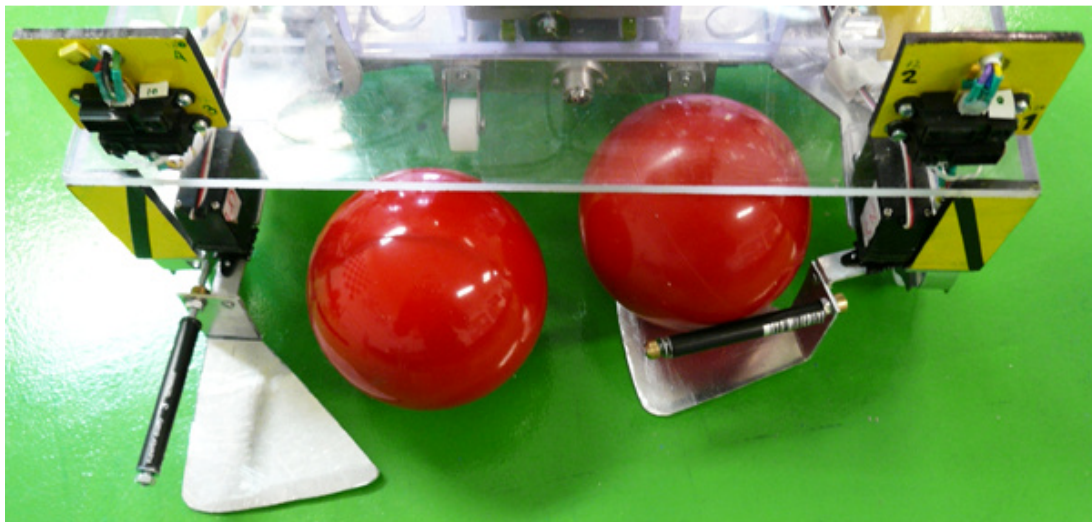


Figura 64 - Disposición servomotores Futaba S3003

Las características principales de este modelo de servomotores se muestran a continuación. Dichas características se tuvieron en consideración a la hora de diseñar el hardware de la aplicación:

Velocidad	0.23 seg/60 grados (260 grados/seg)
Par de salida	3.2 Kg-cm (0.314 N·m)
Dimensiones	40.4 x 19.8 x 36 mm
Peso	37.2 gr
Frecuencia PWM	50Hz (20ms)
Rango giro	180 grados

7.2.1 Conexión

Los servomotores constan de tres terminales de entrada:

- **Terminal positivo (rojo).** Recibe la alimentación (4 - 8V).
- **Terminal negativo (negro).** Conectado a masa.
- **Entrada de señal (blanco).** Recibe la señal de control.

Todos los servomotores se conectan a la placa de servo-motores, donde se generan las órdenes de actuación de los mismos a partir de la información sensorial del estado del robot en el campo de juego.

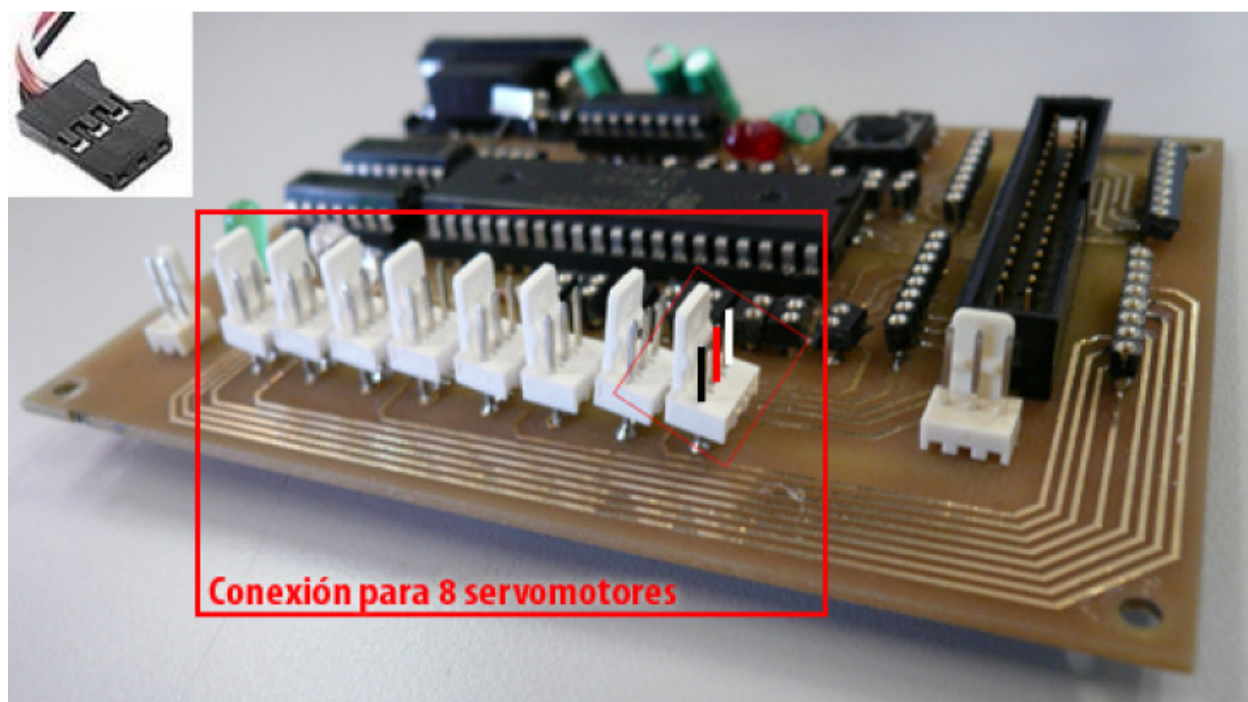


Figura 65 - Conectores servomotores

7.2.2 Funcionamiento y control

El principio de funcionamiento de un servomotor es siempre el mismo. Para posicionar este dispositivo en un ángulo determinado, se envía una señal encrptada a su circuito de control, donde será procesada. Si ésta genera una posición coincidente con la que tiene el servo, se mantendrá la posición. En caso contrario, se girará el dispositivo hasta que alcance la posición solicitada.

El control de los servomotores se realiza a través de una señal PWM. La principal ventaja de este uso radica en que el control del servo se puede llevar a cabo utilizando un único pin del microcontrolador (ver apartado “5 Sistema de control” de este documento). Esto supone un ahorro y simplificación a tener en cuenta a la hora de trabajar con varios servomotores.

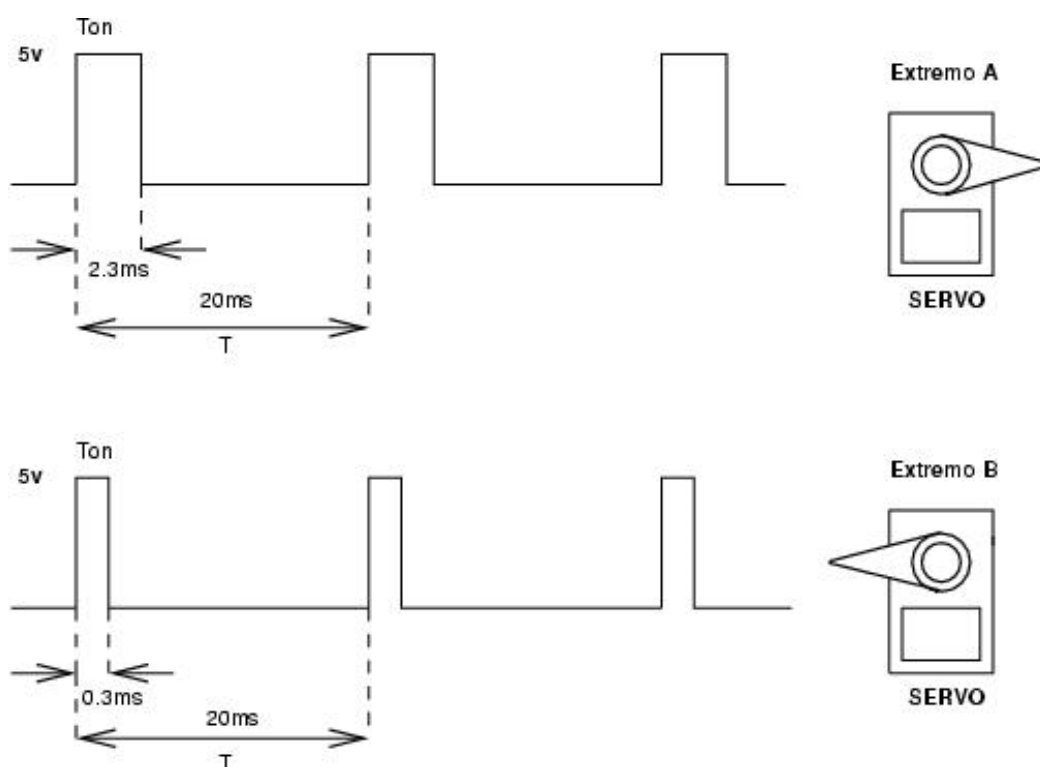


Figura 66 - Control de los servomotores

Como puede observarse en la Figura 66, para posicionar un servomotor es necesario aplicar una señal periódica de 20ms de periodo.

La anchura de los pulsos determinará la posición del servo. Si dicha anchura es de 2.3ms, el servo se situará en uno de sus extremos; si la anchura del pulso es de 0.3ms el servo se situará en el extremo opuesto. Cualquier anchura comprendida entre ambos extremos situará al servo en una posición intermedia proporcional.

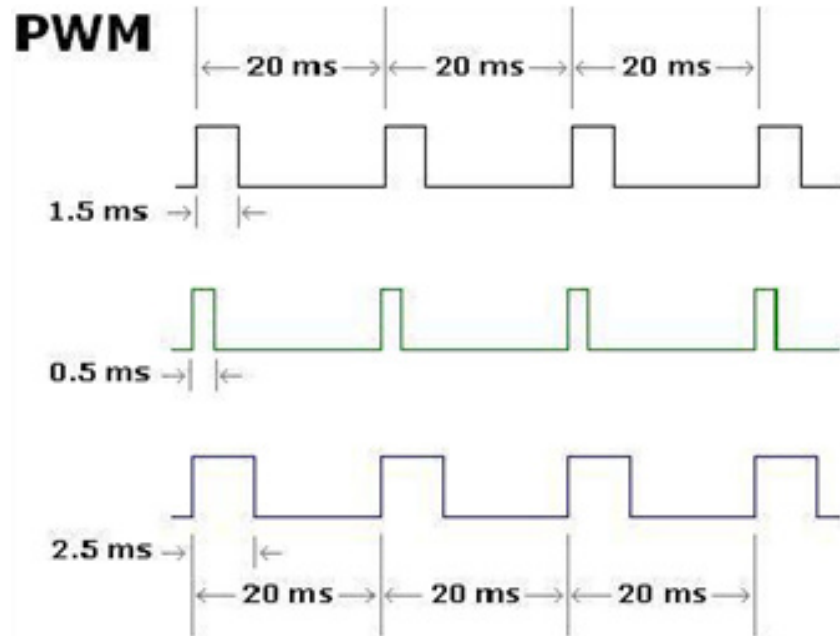


Figura 67 - Variación del ancho de pulso de una señal PWM

Es necesario tener en cuenta que cuando el servo deja de recibir una señal a través de su terminal de control, éste entra en estado de reposo. Mientras se le aplique dicha señal, el dispositivo permanecerá fijo en la posición correspondiente.

7.3 Aplicación gráfica de control de servomotores y motores

Los alumnos de la especialidad de informática implementaron una aplicación gráfica para facilitar el manejo de la placa de servomotores. Con ello se pretendía agilizar el periodo de pruebas de modo que no fuera necesaria la presencia de todo el equipo en cada fase, diversificando el trabajo.

A continuación se explicará el manejo de esta aplicación desde el punto de vista del usuario, de modo que cualquier alumno sea capaz de utilizarla sin ningún conocimiento previo de la misma.

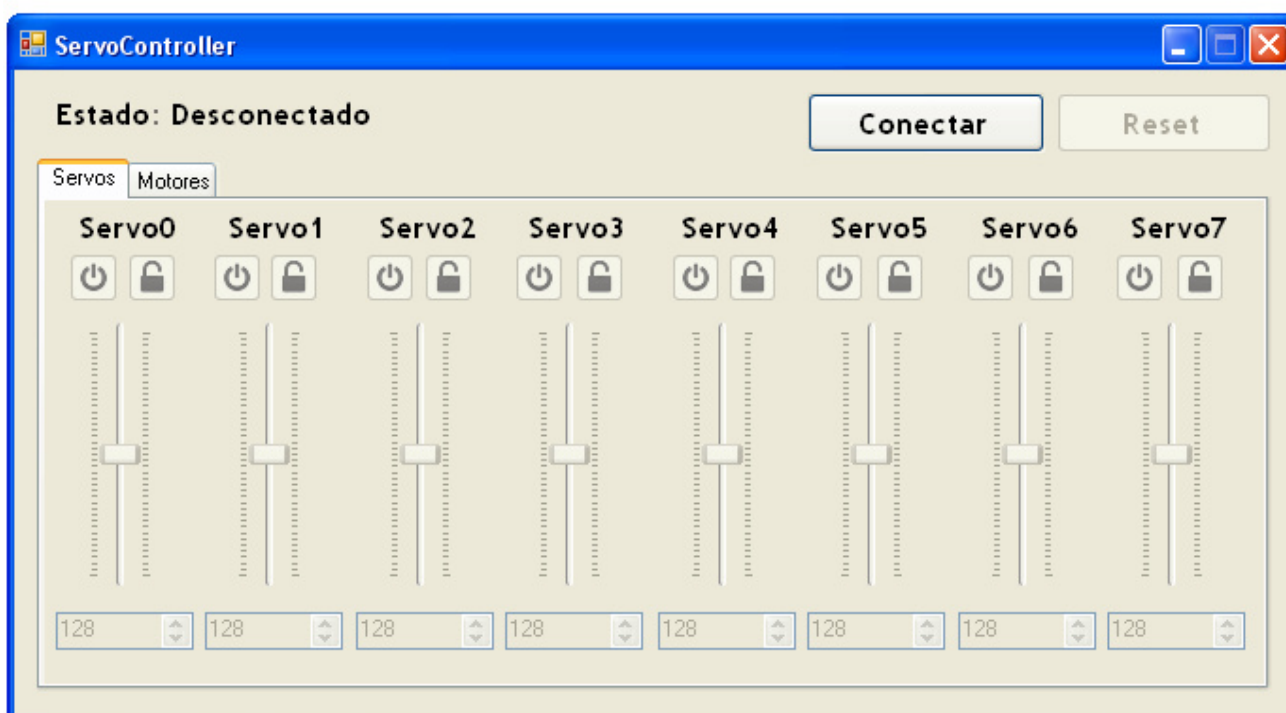


Figura 68 - Interfaz gráfica de la aplicación ServoController

Las acciones que se pueden llevar a cabo con la aplicación ServoController son las siguientes:

- Conectar con la placa de servomotores
- Cambiar posición de servomotor
- Anclar servomotor
- Mover motores en una dirección
- Cambiar aceleración de los motores
- Cambiar velocidad de los motores
- Enviar RESET
- Desconectar con la placa de servomotores

A continuación se explican detalladamente cada una de estas acciones.

7.3.1 Conectar con la placa de servomotores

Para iniciar la comunicación entre el ordenador y la placa de servomotores es necesario pinchar en el botón “Conectar” situado a la derecha de la interfaz gráfica de la aplicación.

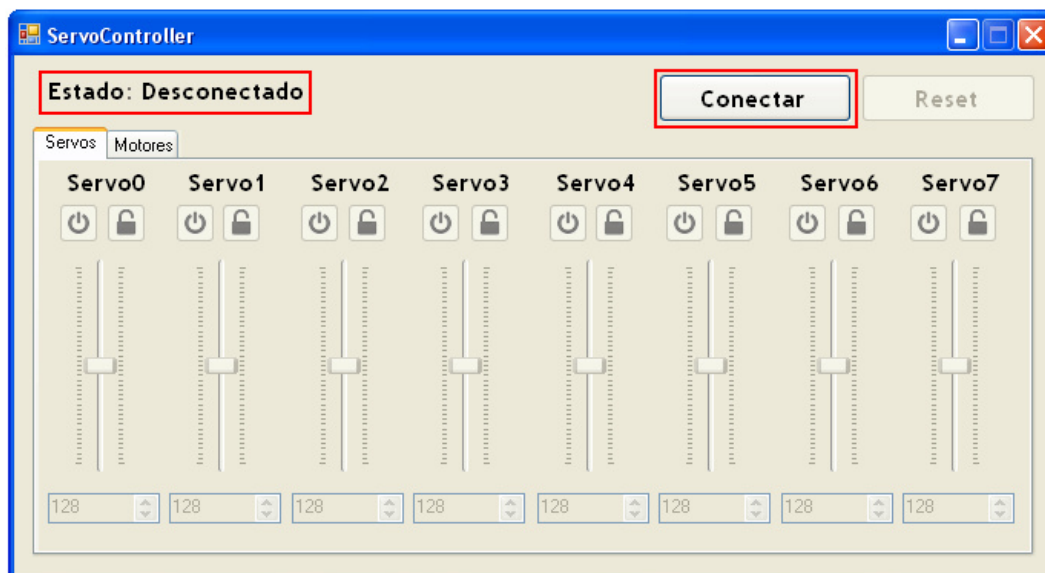


Figura 69 - Conexión entre placa de servomotores y ordenador

En caso de que la conexión se haya realizado correctamente, el “Estado” pasará de “Desconectado” a “Conectado”.

7.3.2 Cambiar la posición de un servomotor

La aplicación es capaz de controlar hasta 8 servomotores, los cuales aparecen numerados del 0 al 7. Para controlar uno de ellos, es necesario activarlo previamente pinchando en el botón instalado a tal efecto para cada uno de ellos.

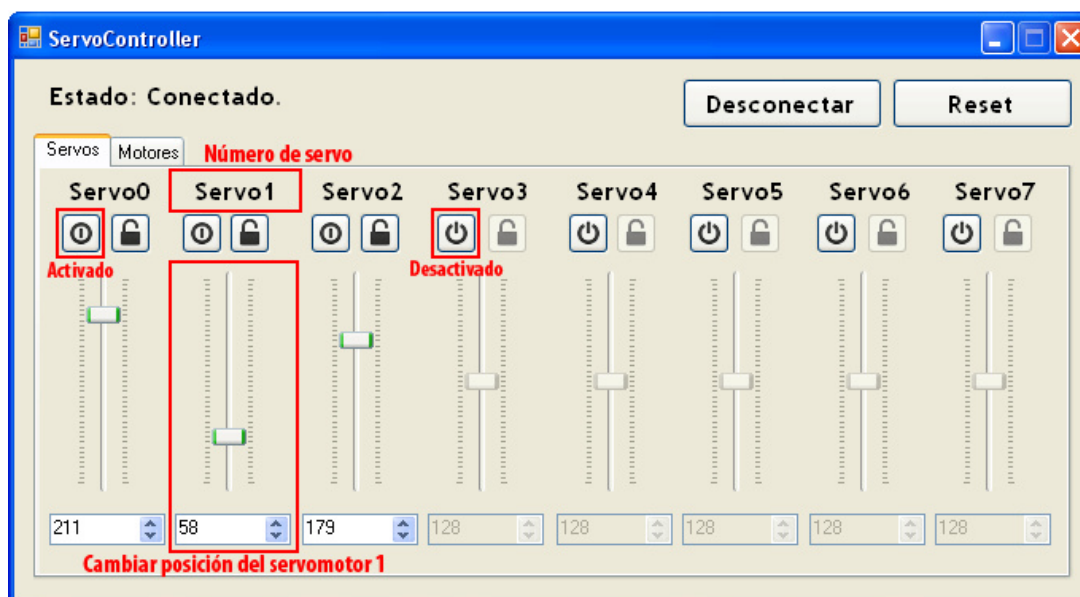


Figura 70 - Interfaz para el cambio de posición de un servomotor.

Una vez activado, quedan habilitados los controles de cambio de posición del servomotor seleccionado. La posición del mismo puede realizarse mediante dos métodos diferentes: barra deslizante o valor numérico.



Figura 71 - Control de servomotores mediante barra deslizante o valor numérico

Para este control se deberá tener en cuenta que el rango de movimiento de los servomotores Futaba S3003, está comprendido entre 0 y 180°. Esta aplicación asigna al valor 0°, el valor numérico 0, mientras que 180° viene representado por el valor numérico 255. Valores intermedios generaran posiciones intermedias proporcionales.

7.3.3 Anclar servomotor

Algunos elementos del robot requieren el movimiento simultáneo de varios servomotores, por lo que la aplicación incluye la posibilidad de controlar el movimiento de varios de estos servomotores a la vez. Para ello, es necesario activar el botón de anclaje de cada uno de los servos que requieran este comportamiento.

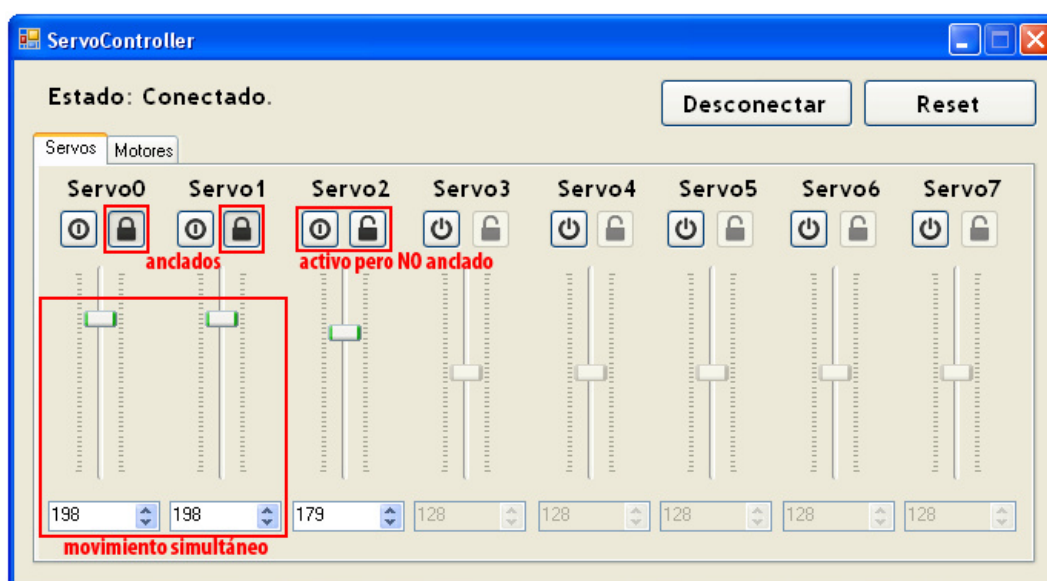


Figura 72 - Anclado de varios servomotores para movimiento simultáneo

7.3.4 Mover motores en una dirección

La aplicación también permite el control del movimiento de los motores del robot. Para ello, es necesario que el usuario pinche sobre el botón de control de motores.

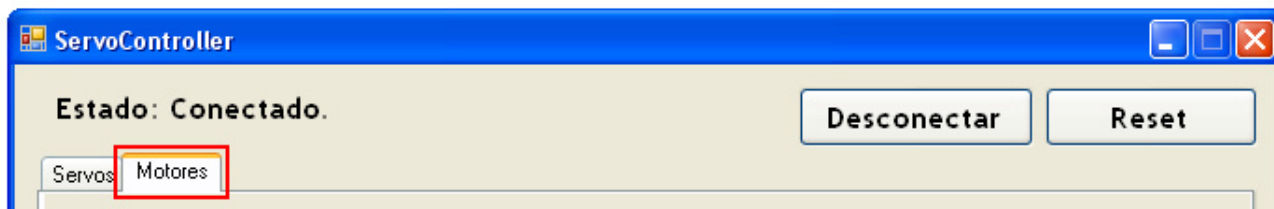


Figura 73 - Control de motores

Una vez activada esta opción, se puede llevar a cabo el movimiento del motor a controlar en cuatro direcciones, representadas en la interfaz mediante una flecha.



Figura 74 - Control del movimiento de los motores

El movimiento se realizará a la velocidad y aceleración establecidas en el momento de pinchar una de las flechas. Los movimientos asociados a cada una de las flechas de la interfaz son:

- **Adelante:** envía la orden para el movimiento de ambas ruedas hacia adelante.
- **Atrás:** ordena el movimiento de ambas ruedas hacia atrás.
- **Derecha:** ordena el movimiento de la rueda derecha hacia adelante y de la rueda izquierda hacia atrás.
- **Izquierda:** ordena el movimiento de la rueda izquierda hacia adelante y de la rueda derecha hacia atrás.

7.3.5 Cambiar velocidad de los motores

Mediante la aplicación ServoController el usuario puede modificar el desplazamiento por unidad de tiempo del robot. Para ello, se debe variar el valor del parámetro correspondiente bien mediante el movimiento de la barra deslizante, bien mediante la introducción de un valor numérico.

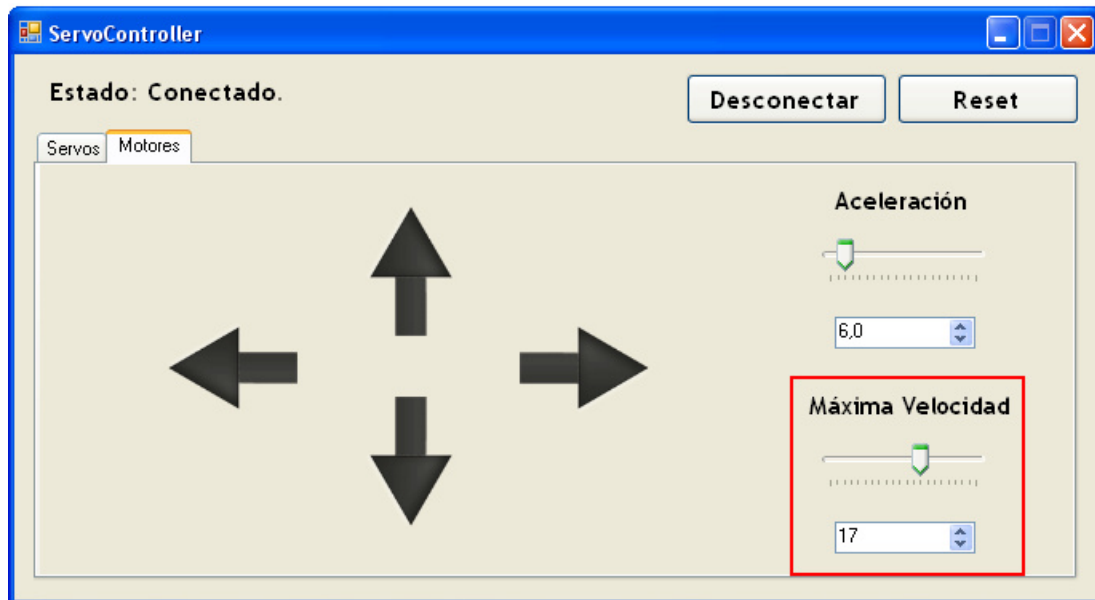


Figura 75 - Modificar velocidad de los motores

7.3.6 Cambiar aceleración de los motores

Mediante la aplicación ServoController el usuario también puede modificar la aceleración de los motores. Para ello, se debe variar el valor del parámetro correspondiente bien mediante el movimiento de la barra deslizante, bien mediante la introducción de un valor numérico.

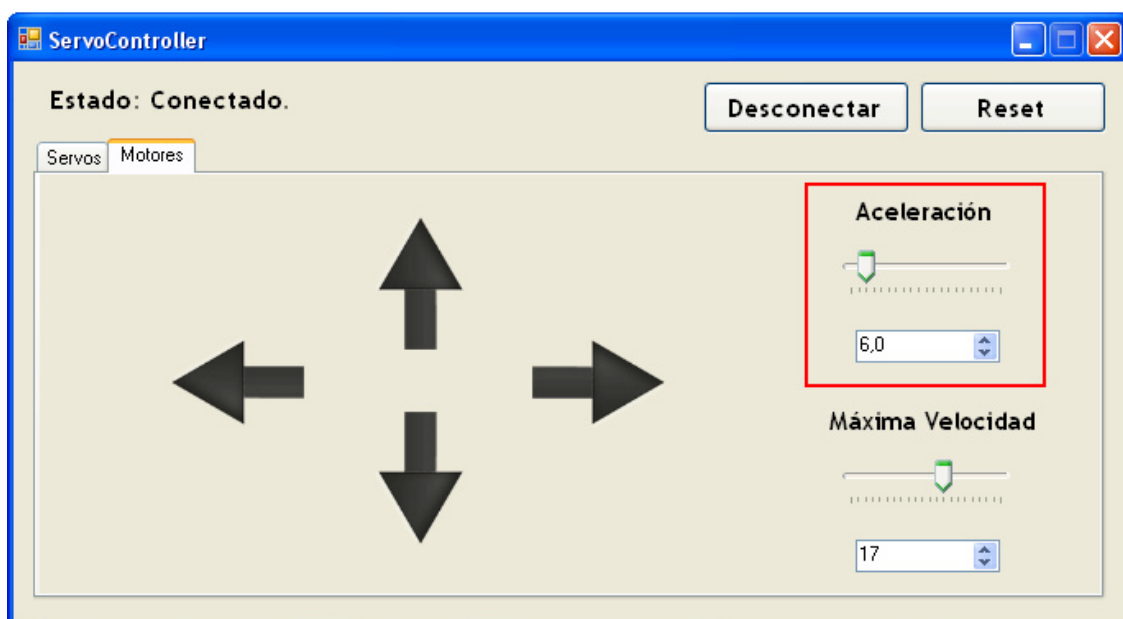


Figura 76 - Modificar aceleración de los motores

7.3.7 Enviar reset

A través de esta aplicación también se puede llevar a cabo una acción de reinicio que restablezca la configuración de todos los parámetros a la situación por defecto. Para ello, el usuario debe pinchar en el botón “Reset” de la aplicación. Esta acción se puede llevar a cabo en cualquier momento y desde cualquier sección del programa.

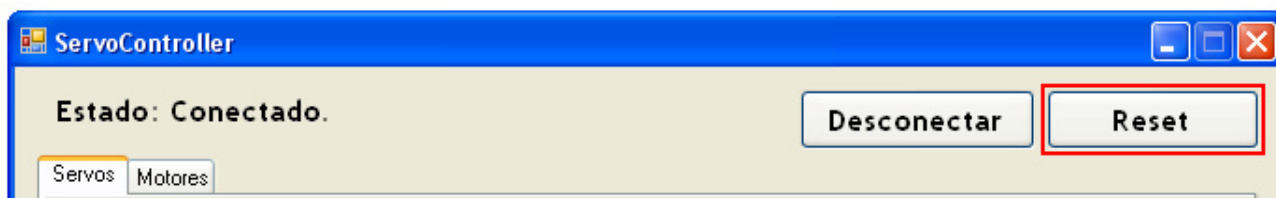


Figura 77 - Reset de la aplicación ServoController

7.3.8 Desconectar

Para finalizar la comunicación entre el ordenador y la placa de servomotores, basta con pinchar en el botón “Desconectar” situado a la derecha de la aplicación.

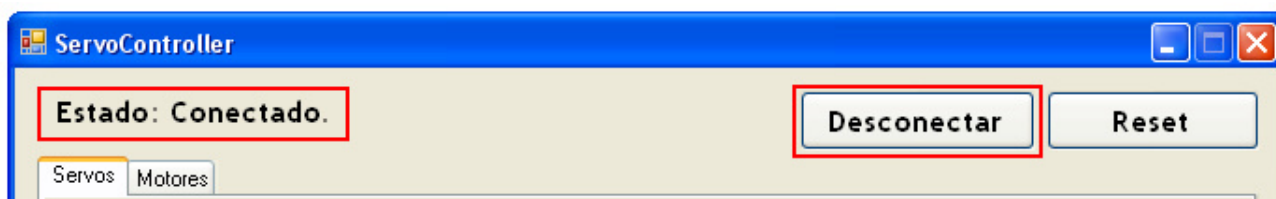


Figura 78 - Desconexión entre el ordenador y la placa de servomotores

8 Estrategia

La clave del éxito de una estrategia es fundamentalmente su sencillez. Para determinarla, se tuvo en cuenta que la distribución de objetos a lo largo del campo de juego era, aparentemente, siempre la misma:

12 naranjos. Situados en 2 grupos de 6, en la parte alta de una cuesta. Cada grupo está ubicado próximo al área de inicio de cada uno de los equipos. Cada naranjo contiene una naranja. Por lo tanto, habrá 12 naranjas en juego, representadas por pelotas de malabares de color naranja.

14 tomates. Representados por pelotas de color rojo. Distribuidos a lo largo del tablero de juego

18 mazorcas. Clavadas verticalmente en el tablero de juego. 9 de ellas de color blanco, y las otras 9 de color negro. Las mazorcas blancas son fácilmente extraíbles de donde hayan sido clavadas, mientras que las mazorcas negras están atornilladas al suelo, imposibilitando su extracción.

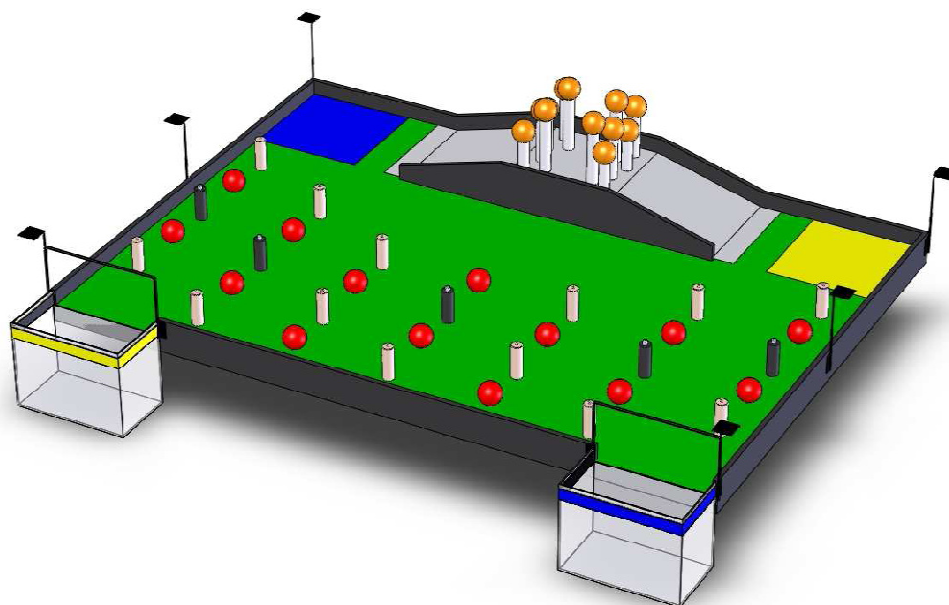


Figura 79 - Distribución de objetos a lo largo del campo de juego

La dificultad de extraer mazorcas de color negro y la aleatoriedad de sus posiciones determinaron que la estrategia se basara en considerar a todas ellas, incluyendo las mazorcas blancas, como obstáculos a evitar.

La estrategia principal se basó en los dos sensores infrarrojos situados en los laterales del microrobot (ver apartado “6.1.1 Sensores Infrarrojos” de este documento). Mediante la detección de objetos llevada a cabo por dichos sensores se genera una trayectoria curva que

hace que el robot atraviese el campo de juego desde la zona de inicio hasta el contenedor correspondiente, situado en el extremo opuesto del tablero.

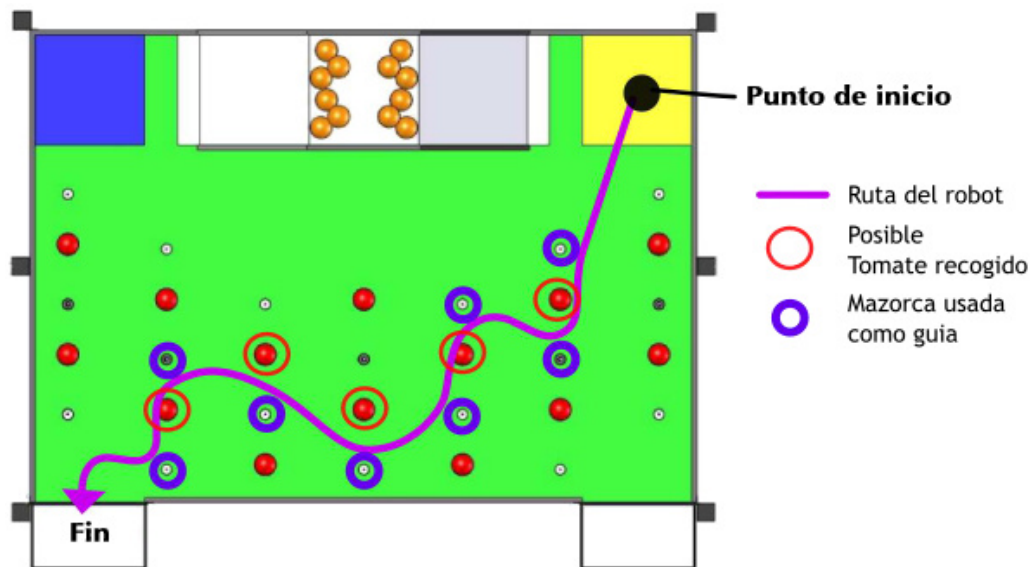


Figura 80 - Trayectoria curva seguida por el microrobot

Aprovechando la forma en “U” de la estructura del microrobot, se irán acumulando los “tomates” ubicados en posiciones fijas de la trayectoria que recorre el microrobot al atravesar el campo de juego desde el punto de inicio hasta la balanza de deposición.



Figura 81 - Almacenaje de elementos en el interior del microrobot

9 Presupuesto (Eurobot 2010)

En este apartado se detallarán los costes que generan el diseño, la construcción y la programación del microrobot “Flux Capacitor”.

9.1 Costes de material

9.1.1 Estructura

Descripción	Coste unitario	Medición	Total
Plancha de aluminio de 1.5 mm	70 €	1m ²	70 €
Lámina de policarbonato 5mm	85 €	2m ²	170 €
Escuadras de aluminio de 1.5 mm	0,15 €	30	4.5 €
Otros materiales de ferretería	-	-	50 €
Total			294,5 €

9.1.2 Sistema locomotor

Descripción	Coste unitario	Medición	Total
Motor, encoder y reductora	150 €	2	300 €
Ruedas	4,50 €	2	9 €
Ruedas locas	3 €	2	6€
Soportes y casquillos	25 €	2	50 €
Total			365 €

9.1.3 Actuadores

Descripción	Coste unitario	Medición	Total
Servomotor Futaba s3003	12 €	2	24 €
Total			24 €

9.1.4 Sensores

Descripción	Coste unitario	Medición	Total
Sensor infrarrojo Sharp GP2D12	15 €	10	150 €
Sensor de final de carrera (bumper)	1,20 €	4	4,80 €
Total			154,80 €

9.1.5 Electrónica y alimentación

Descripción	Coste unitario	Medición	Total
Placa de circuito impreso	100 €	4	400 €
Single Board Computer (Placa Linux)	310 €	1	310 €
Microcontrolador 8052	15	2	30 €
Componentes electrónicos	-	-	55 €
Batería	31 €	3	93 €
Bobina cable conexionado	8 €	-	8 €
Bobina cable alimentación	10 €	1	10 €
Total			906 €

9.1.6 Campo y elementos del juego

Descripción	Coste unitario	Medición	Total
Tablero de DM	250 €	1	250 €
Listones de madera	3 €	30	20 €
Material de ferretería	-	-	30 €
Pintura	11 €	4	44 €
Pelota de malabares roja (150g)	6 €	6	36 €
Pelota de malabares naranja (300g)	9 €	2	18 €
Subtotal			398 €

Total del Coste de material **2142,3 €**

9.2 Costes de personal

Descripción	Sueldo mensual	Meses	Total
Ingeniero Industrial: electrónica	1800 €	9	16200 €
Ingeniero Técnico Industrial: mecánica	1600 €	9	14400 €
Ingeniero Informático	1800 €	9	16200 €
Total del coste de personal			46800 €

9.3 Coste global

Subtotal	Cuantía
Coste de material	2142,3€
Coste de personal	46800 €
Total	48942,3 €

El presupuesto total es de **cuarenta y ochomil novecientos cuarenta y dos euros con treinta céntimos de euro**

10 Conclusiones

El robot “Flux Capacitor” presentado por el departamento LSI-UC3M consiguió el tercer puesto en la prueba clasificatoria de España, por lo que pudo participar en la edición internacional del concurso EUROBOT del año 2010. Sin embargo, la capacidad tecnológica de países como Francia y Alemania, fueron determinantes en la clasificación europea, estando aún muy por encima del nivel competitivo de los robots representantes de nuestro país.

Es importante destacar que la clave del éxito radica principalmente en el diseño de una estrategia simple y fiable. El hecho de que el robot sea capaz de realizar siempre un determinado número de puntos, aumenta la eficiencia y mejora el nivel competitivo del mismo por encima de muchos de los participantes del concurso. La idea de realizar una base reutilizable en cada una de las áreas que engloba este proyecto, permite que los alumnos participantes en futuras ediciones puedan centrar sus esfuerzos en realizar estrategias más complicadas que permitan acercarse al nivel que exige el concurso europeo, y ha sido uno de los objetivos fundamentales que se han perseguido durante este año de trabajo.

A nivel formativo, la realización de este proyecto ha sido positiva en todos los aspectos. Al tratarse de un trabajo en equipo las ventajas e inconvenientes se veían multiplicadas. Por un lado, esta experiencia aporta no sólo la capacidad de consensuar decisiones, debatir ideas y llegar a un acuerdo general sino que además potencia compartir y adquirir conocimientos de áreas en las que no se ha trabajado anteriormente. La idea de formar un equipo compuesto por personas de varias titulaciones aumenta la competitividad del robot ya que se amplía el conocimiento en distintas áreas fundamentales de la robótica. Sin embargo, el hecho de trabajar en equipo pone a prueba aspectos más humanos, como la paciencia, la comprensión y la autocrítica, lo que también supone una experiencia fundamental, que sin duda nos ayudará a enfrentarnos a la futura vida laboral que nos espera.

La idea de una competición hace además que este proyecto suponga un reto para los alumnos participantes, lo que facilita acercar a los estudiantes al mundo de la robótica de una forma dinámica y divertida. Esta experiencia permite ver cómo los conocimientos teóricos adquiridos durante la carrera se transforman en hechos.

10.1 Contribución

Para alcanzar los objetivos competitivos que exigen los primeros puestos de la competición EUROBOT, se propone continuar la tendencia de generar una base reutilizable en todas las áreas que implica el proyecto: mecánica, electrónica e informática, de forma que se pueda enfocar el año de trabajo a la generación de estrategias complejas que mejoren el nivel competitivo del microrobot. Es importante que estos avances queden registrados en documentos que faciliten la adquisición de los conocimientos básicos a los alumnos participantes en futuras ediciones de la competición, por lo que se hace necesaria la redacción de proyectos que incluyan dicha información.

Con el presente documento se pretende iniciar esta tendencia en el área hardware de la aplicación, por lo que se hace especial hincapié en aquellos aspectos que puedan ser de utilidad a la hora de conocer el funcionamiento completo del sistema, incluyendo tanto aspectos puramente electrónicos como los referentes al flujo de información generado entre los dispositivos principales.

10.2 Líneas futuras

A continuación se mencionan brevemente algunas mejoras que no han sido realizadas durante el transcurso de este proyecto pero que sin embargo, supondrían importantes avances en la arquitectura hardware del microrobot.

Diseño de un sistema de alimentación por etapas

Sería interesante diseñar e implementar un sistema de alimentación que permita, en cada momento, suministrar energía sólo a aquellos sistemas que estén en funcionamiento.

Aporte: Optimización energética.

Inconvenientes: Horas de trabajo dedicadas al diseño e implementación del sistema.

Implementación de un sistema de visión

Incorporar al robot un sistema de visión por computador basado en la utilización de cámaras que permita reconocer diferentes objetos en el terreno de juego. Este sistema permitiría alcanzar objetivos más ambiciosos dentro de la competición a nivel estratégico.

Aporte: Mejora en la creación de estrategias complejas.

Inconvenientes: Gasto económico y horas de trabajo.

Sistema de posicionamiento basado en motores paso a paso

Mediante motores paso a paso [26] se conseguiría un posicionamiento del robot en el campo de juego mucho más preciso que el que proporcionan los encoders asociados al movimiento del motor.

Aporte: Mejora en la precisión del posicionamiento.

Inconvenientes: Gasto económico.

Sistema de apoyo al posicionamiento mediante balizas

Un sistema de balizas por triangulación permitiría conocer no sólo la posición del robot en el campo de juego sino la de su oponente. Con ello se facilitaría la generación de estrategias complejas de actuación.

Aporte: Mejora en la creación de estrategias complejas

Inconvenientes: Horas de trabajo dedicadas al diseño e implementación del sistema.

Diseño, especificación y creación de una base de tracción reutilizable anualmente

Aprovechando el hecho de que las dimensiones máximas de los microrobots participantes en la competición permanecen constantes todos los años, sería interesante diseñar e implementar una base reutilizable de tracción que permitiera avanzar en otras áreas, logrando mejores resultados.

Aporte: Ahorro de tiempo en futuras ediciones para avanzar más en otros aspectos del robot

Inconvenientes: Horas de trabajo dedicadas al diseño e implementación del sistema.

11 Referencias

11.1 Recursos bibliográficos

[1] José Ignacio Albillo Arribas, **Diseño Electrónico de un microrobot “Eurobot 2008”**, Universidad Carlos III de Madrid, Octubre de 2008

[2] Victoria Elena de las Eras Benito, **Diseño y construcción de un microrobot. Eurobot 2009**, Universidad Carlos III de Madrid, Septiembre de 2009

11.2 Recursos electrónicos

[3] Eurobot

<http://www.eurobot.org/>

[4] Historia de la robótica

<http://es.wikipedia.org/wiki/Robot>

[5] Historia de la automatización

http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas_en_la_historia.htm

[6] Las leyes de la robótica

http://es.wikipedia.org/wiki/Tres_leyes_de_la_rob%C3%B3tica

[7] Real Academia de la lengua Española

<http://www.rae.es/rae.html>

[8] Alcabot-Hispabot

<http://asimov.depeca.uah.es/robotica/>

[9] Single Board Computer

http://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer

[10] Ethernet

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

[11] Puerto serie

http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_serie

[12] USB

http://es.wikipedia.org/wiki/Universal_Serial_Bus

[13] Protocolo de conexión Telnet

<http://es.wikipedia.org/wiki/Telnet>

[14] Memoria Flash

http://es.wikipedia.org/wiki/Memoria_flash

[15] Intel 8051

http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_8051

[16] Disparador de Schmitt

http://es.wikipedia.org/wiki/Disparador_Schmitt

[17] Motores Bernio MR 615 30Q

<http://bernio.it/show.php?Cod=mr61530q&Lang=ENG>

[18] Motor de corriente continua

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua

[19] Señal PWM

http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_ancho_de_pulsos

[20] Características técnicas de servomotor Futaba 3003

<http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct3/ct3.html>

[21] Funcionamiento sensores infrarrojos

http://es.wikipedia.org/wiki/Sensores_infrarrojos

[22] Hoja de características de sensor Sharp - GP2D12/GP2D120

<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/SHARP/GP2D12.html>

[23] Sensor de final de carrera SS5GL2D

<http://octopart.com/ss5gl2d-omron-917129>

[24] Batería de plomo-ácido

http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_plomo_y_%C3%A1cido

[25] Microcontrolador DS89C450-MNG

<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS89C430-DS89C450.pdf>

[26] Motor paso a paso

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso

12 Anexos

12.1 Normativa del concurso Eurobot



Figura 82 - Recolectar la mayor cantidad de frutas, hortalizas y semillas

Sólo se permite un robot por equipo. Los robots deben ser completamente autónomos, no se permiten comunicaciones con elementos externos, excepto con las balizas.

Juego limpio

La finalidad del concurso es jugar el máximo número de partidos, de manera amistosa. De esta manera no se permite, y estará penalizado:

- Bloquear al robot contrario el acceso a los elementos del juego, así como impedir deliberadamente su movimiento.
- Diseñar el robot con el fin de confundir al contrario usando colores designados para los elementos del juego, así como partes del tablero.
- Hacer daño intencionado al robot contrario.

Seguridad

Los robots deben evitar tener partes puntiagudas o afiladas que puedan dañar al robot contrario.

Está prohibido el uso de líquidos, productos corrosivos, materiales pirotécnicos, o seres vivos dentro del robot.

Material obligatorio

Un cordón de al menos 50cm que se debe utilizar para arrancar el robot. Este cable debe ser la manera de hacer que el robot comience el partido, y al tirar de él, debe quedar completamente desacoplado del robot.

Botón de parada de emergencia, de al menos 2 cm de diámetro. Debe ser rojo, y al pulsarlo, el robot debe pararse inmediatamente, cortando el suministro de energía a cualquier parte

mecánica del robot. Debe situarse en la parte superior del robot, siendo accesible en cualquier momento por el árbitro.

Apagado automático que actúe al transcurrir **90 segundos** tras el comienzo del partido. En ese momento, el robot debe cortar el suministro de energía a todas las partes mecánicas del robot.

Sistema de evasión de obstáculos que impida que el robot colisione contra un robot contrario. No es necesario esquivarlo, simplemente detectarlo a una distancia razonable para no chocarnos con él. Siempre se toma como modelo de robot un cilindro de 30cm por 20 cm de diámetro.

Soporte para baliza

El robot debe disponer de un soporte, donde el robot contrario podrá situar una baliza si así lo desea.

No es obligatorio tenerla, se puede homologar sin ella, pero en caso de que en un partido se compita contra un equipo que desee colocar una baliza en el robot contrario, se descalificará automáticamente al robot que no tiene soporte para baliza.

Dimensiones del robot

El tamaño de la base del robot debe tener dos estados.

El primer estado será el **estado replegado**, y será en el que empezará el robot. En este estado el robot no puede superar los **120cm de diámetro**.

Una vez comienza el partido el robot podrá pasar a un **estado desplegado**, donde su diámetro máximo podrá ser de **140cm**.

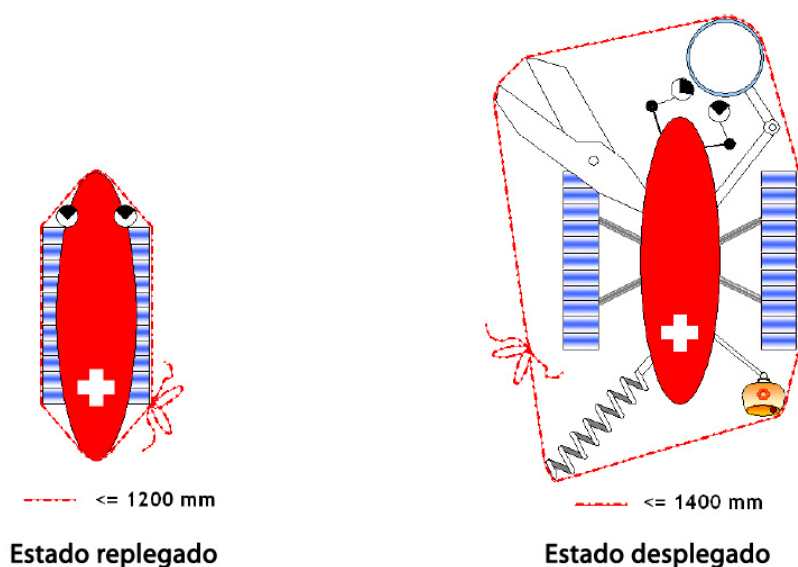


Figura 83 - Dimensiones máximas de la base del Robot

En ambos casos, el diámetro se mide usando una cinta métrica, o una tela con las dimensiones indicadas.

En cuanto a la **altura**, el tope máximo permitido es de **35 cm**, pudiendo llegar a 43 cm al añadir el soporte para baliza. Si el robot adversario coloca en este soporte su baliza, la altura del robot llegará a 51 cm.

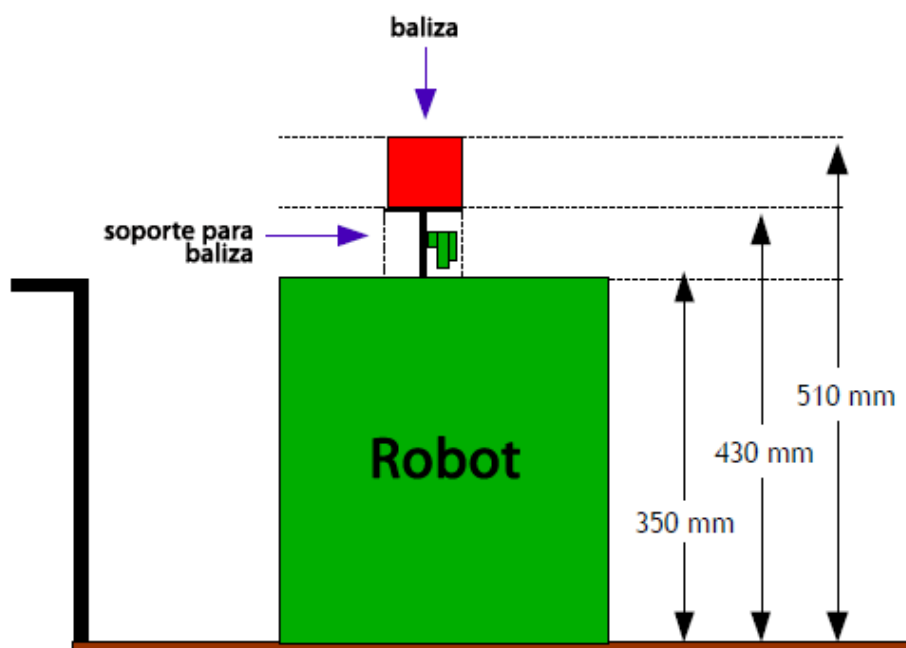


Figura 84 - Altura máxima del Robot

Penalizaciones

Cualquier acción incompatible con el espíritu de juego limpio que se fomenta en el concurso, será penalizado por los árbitros. Por ejemplo, los siguientes actos serán castigados:

- Un robot choca violentamente contra otro.
- Cuando un robot sea considerado peligroso para el robot adversario, para el campo de juego o para el público.
- Si un robot impide deliberadamente al robot oponente acceder a algún elemento del campo de juego.
- Cuando un robot arroja continuamente elementos fuera del campo de juego.

Descalificaciones

Un equipo será descalificado **de ese partido**, cuando alguna de estas situaciones ocurra:

- El equipo no llega a tiempo a la sala de espera previa a un partido donde se reúne a los equipos participantes
- El equipo no consigue estar preparado en el campo de juego en menos de 3 minutos
- El robot no llega el soporte para balizas y el equipo adversario solicita colocarle una baliza
- El robot no consigue abandonar completamente el área de inicio

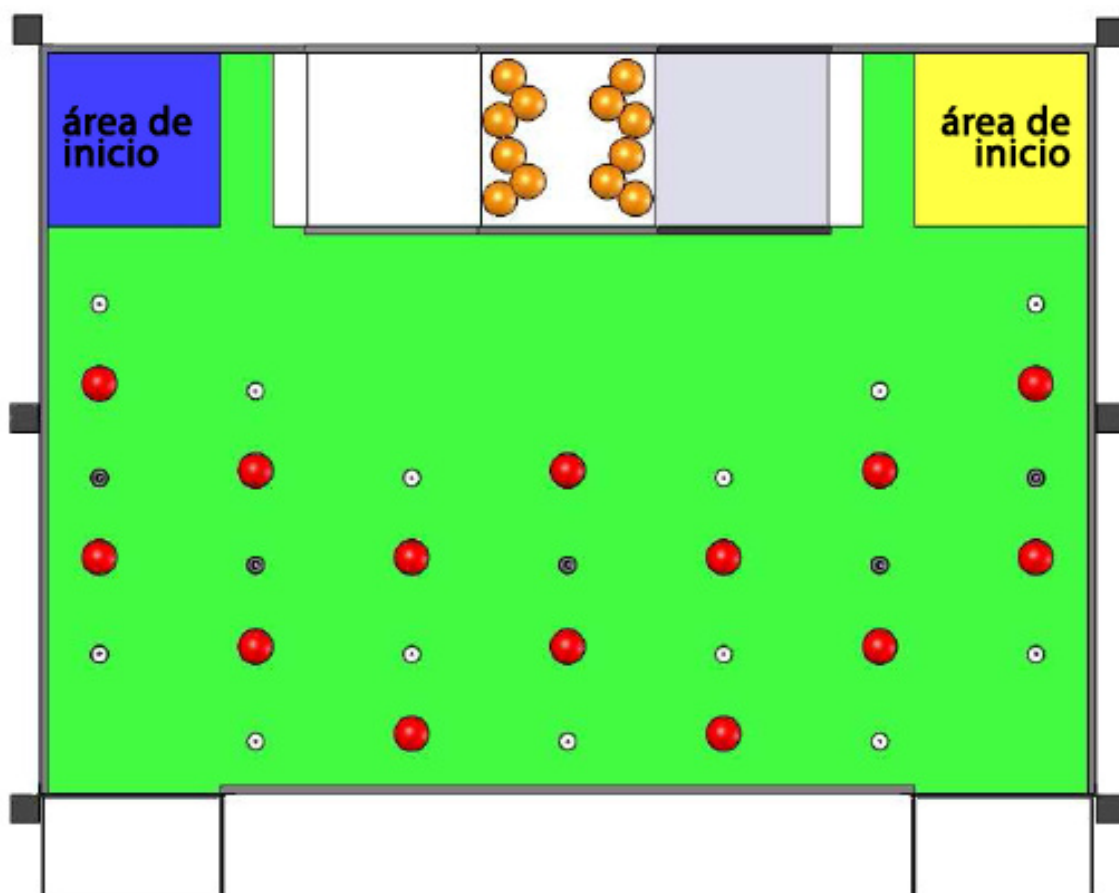


Figura 85 - Área de inicio del campo de juego

Un equipo será descalificado **de la competición**, cuando:

- El robot realice reiteradamente la misma acción penalizable
- El equipo tenga un comportamiento inaceptable
- El robot no cumpla con las normas de seguridad establecidas

Tamaño del campo de juego

Los encuentros se llevarán a cabo en un campo rectangular de **210 cm x 300 cm**, pudiendo ser aún mayor en algunas partes para albergar distintos elementos imprescindibles para el juego.

Campo de juego

El tablero de juego es de color verde. Se compone de:

2 contenedores. Uno para cada equipo. Cada equipo deberá depositar en su contenedor correspondiente los distintos alimentos que vaya recolectando.

12 naranjas. Situados en 2 grupos de 6, en la parte alta de una cuesta. Cada grupo está ubicado próximo al área de inicio de cada uno de los equipos. Cada naranja contiene una naranja. Por lo tanto, habrá 12 naranjas en juego, representadas por pelotas de malabares de color naranja.

14 tomates. Representados por pelotas de color rojo. Distribuidos a lo largo del tablero de juego

18 mazorcas. Clavadas verticalmente en el tablero de juego. 9 de ellas de color blanco, y las otras 9 de color negro. Las mazorcas blancas son fácilmente extraíbles de donde hayan sido clavadas, mientras que las mazorcas negras están atornilladas al suelo, imposibilitando su extracción.

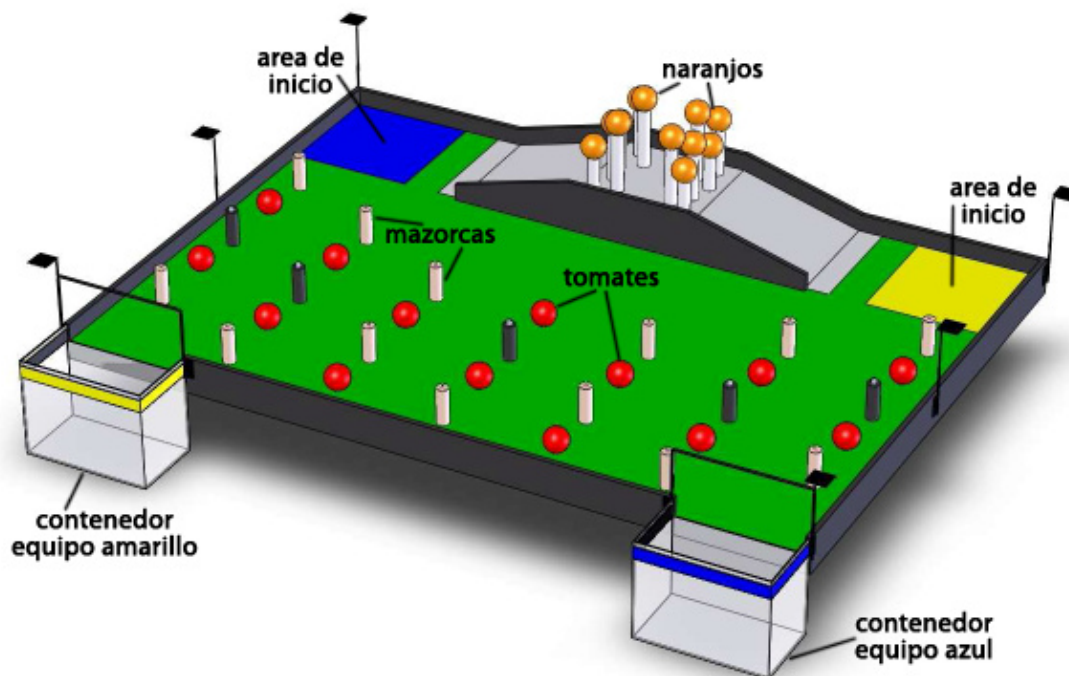


Figura 86 - Campo de juego Eurobot 2010

Puntuación

Cada equipo debe recolectar la mayor cantidad de alimentos posibles (tomates, mazorcas o naranjas) que se encuentran en los naranjos o sueltas en el tablero de juego y depositarlas en el contenedor que le corresponde, el **de su color**.

Al terminar los 90 segundos del partido, se hará el recuento en función del peso de los elementos recolectados, de la siguiente forma:

Los **tomates** pesan 150g, por lo tanto, cada tomate contenido en el contenedor de un equipo sumará **150 puntos** a ese equipo.

Las **mazorcas** pesan 250g, por lo que cada mazorca existente en el contenedor de un equipo aumentará en **250 puntos** el marcador de ese equipo.

Las **naranjas** pesan 300g. Cada naranja contenida en el contenedor de un equipo le dará una cantidad de **300 puntos**.

12.2 Hojas de características

Batería

Data Sheet

NP SERIES - NP4-12

Reliability is your Security

Yuasa NP, NPC and NPH Batteries. Utilising the latest advance design Oxygen Recombination Technology, Yuasa have applied their 80 years experience in the lead acid battery field to produce the optimum design of Sealed Lead Acid batteries.

FEATURES

- Superb recovery from deep discharge.
- Electrolyte suspension system.
- Gas Recombination.
- Multipurpose: Float or Cyclic use.
- Usable in any orientation (except continuous inverted).
- Superior energy density.
- Lead calcium grids for extended life.
- Manufactured World wide.
- Application specific designs.

Technical Features

Sealed Construction

Yuasa's unique construction and sealing technique ensures no electrolyte leakage from case or terminals

Electrolyte Suspension System

All NP batteries utilize Yuasa's unique electrolyte suspension system incorporating a microfine glass mat to retain the maximum amount of electrolyte in the cells. The electrolyte is retained in the separator material and there is no free electrolyte to escape from the cells. No gels or other contaminants are added.

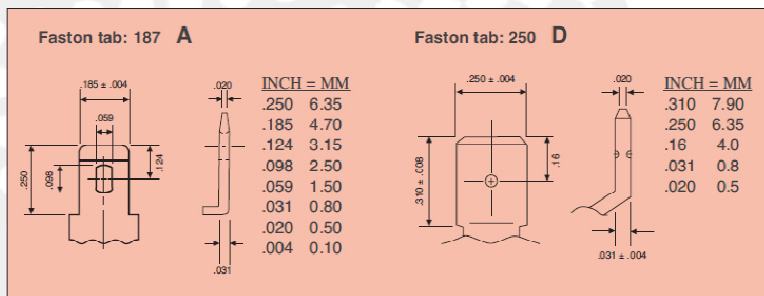
Control of Gas Generation

The design of Yuasa's NP batteries incorporates the very latest oxygen recombination technology to effectively control the generation of gas during normal use.

Low Maintenance Operation

Due to the perfectly sealed construction and the recombination of gasses within the cell, the battery is almost maintenance free.

Terminals



Terminals

NP batteries are manufactured using a range of terminals which vary in size and type. Please refer to details as shown.

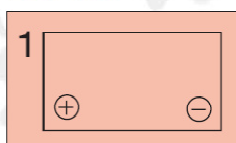
Operation in any Orientation

The combination of sealed construction and Yuasa's unique electrolyte suspension system allows operation in any orientation, with no loss of performance or fear of electrolyte leakage. (Excluding continuous use inverted)

Valve Regulated Design

The batteries are equipped with a simple, safe low pressure venting system which releases excess gas and automatically reseals should there be a build up of gas within the battery due to severe overcharge. Note. On no account should the battery be charged in a sealed container.

Layout



General Specifications

Nominal Capacity (Ah)	NP4-12
20hr to 1.75vpc 30°C	4
10hr to 1.75vpc 20°C	3.7
5hr to 1.70vpc 20°C	3.4
1hr to 1.60vpc 20°C	2.4
Voltage	12
Energy Density (Wh/L 20hr)	75
Specific Energy (Wh/kg 20hr)	27
Int. Resistance (m.Ohms)	40
Maximum discharge (A)	40/75
Short Circuit current (A)	120
Dimensions (mm)	
Length	90
Width	70
Height overall	106
Weight (Kg)	1.75
Terminal	A/D
Layout	1
Terminal Torque Nm	-

NP SERIES - NP4-12

Data Sheet

Lead Calcium Grids

The heavy duty lead calcium alloy grids provide an extra margin of performance and life in both cyclic and float applications and give unparalleled recovery from deep discharge.

Long Cycle Service Life

Depending upon the average depth of discharge, over a thousand discharge/charge cycles can be expected.

Float Service Life

The expected service life is five years in float standby applications.

Separators

The use of the special separator material provides a very efficient insulation between plates preventing inter-plate short circuits and prohibiting the shedding of active materials.

Long shelf Life

The extremely low self discharge rate allows the battery to be stored for extended periods up to one year at normal ambient temperatures with no permanent loss of capacity.

Operating Temperature Range

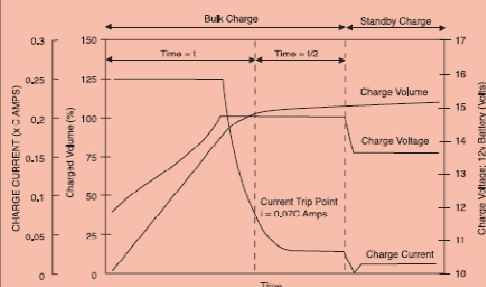
The batteries can be used over a broad temperature range permitting considerable flexibility in system design and location.

Charge – 15°C to 50°C

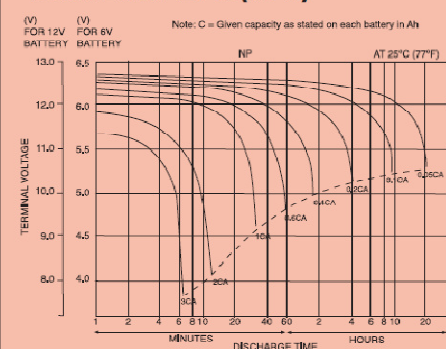
Discharge – 20°C to 60°C

Storage – 20°C to 50°C (fully charged battery)

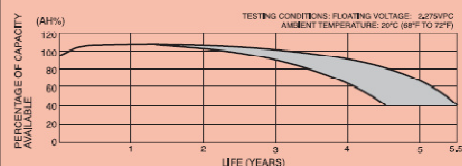
CYCLIC RECHARGE REGIME



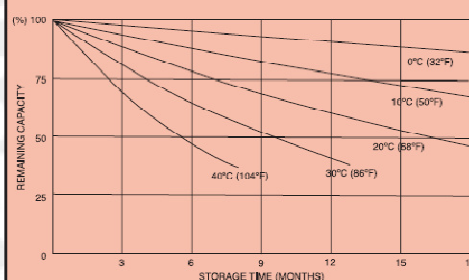
NP DISCHARGE CHARACTERISTICS CURVES AT 25°C (77°F)



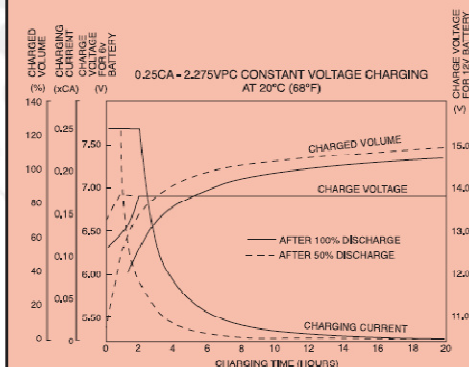
FLOAT SERVICE LIFE NP RANGE



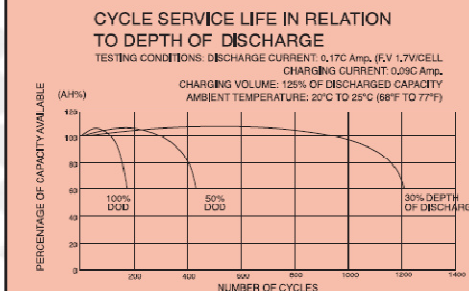
SELF DISCHARGE CHARACTERISTICS



FLOAT CHARGE CHARACTERISTICS



TYPICAL DISCHARGE CHARACTERISTICS NP RANGE



NP SERIES - NP4-12

Data Sheet

INTELLIGENT BATTERY CHARGERS

Manufactured to BS3456, IEC335, UL 1236, EN60335, CE mark to EN5008-1

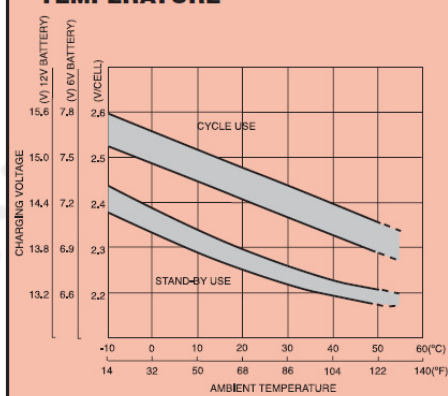
Features

Micro processor controlled
Short circuit protection
Reverse polarity protection
High temperature protection
Soft start current control
Fast constant current bulk charge
3 stage charging CI-CV-float
Constant voltage float/standby
Proportional timing
Flexibility, to match battery specification.

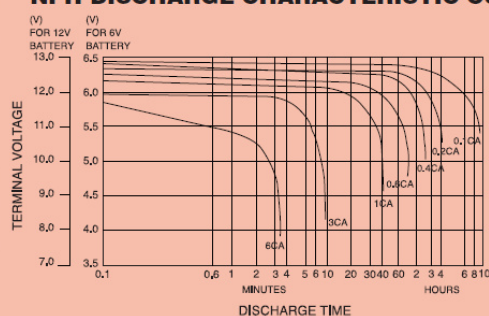
Standard Range

YCP03A12	300mA 12v
YCP03A24	300mA 24v
YCP03A6	300mA 6v
YCP06A12	600mA 12v
YCP06A6	600mA 6v
YCP1.5A12	1.5A 12v
YCP1.5A24	1.5A 24v
YCP1.5A6	1.5A 6v
YCP1A12	1A 12v
YCP1A6	1A 6v
YCP2A12	2A 12v
YCP2A24	2A 24v
YCP2A6	2A 6v
YCP3A12	3A 12v
YCP4A12	4A 12v
YCP6A12	6A 12v
YCP8A12	8A 12v
YCP10A12	10A 12v
YCP8A24	8A 24v

RELATIONSHIP BETWEEN CHARGING VOLTAGE AND TEMPERATURE



NPH DISCHARGE CHARACTERISTIC CURVES



Standard NP

Available in a wide range of sizes to suit general applications.

NPH/NPW

High performance batteries specially designed for applications requiring high rate discharge, supplying up to 50% (NPH), (NPW) more power (Watts) for short durations when compared to conventional NP models.

NPC

Specifically designed to suit the arduous requirements of cyclic applications allowing increased cycle life (at least double that of conventional types). (NPC Shortform refers)

NPL

Long Life Model also to BS6290pt4 (FR Options)

Dedicated literature available on request. (NPL Shortform refers).

Applications

Yuasa NP batteries, having excellent deep discharge recovery characteristics coupled with long life on float standby, are ideal for numerous applications in both cyclic and standby modes. For advice on the use of NP batteries in your particular application please contact our Sales Office.

Charging For Float Standby Applications

Charged at 2.275 volts per cell continuous. The battery will seek its own current level and float fully charged. However, users should be aware that when charging from fully discharged, the battery can draw an initial charge current of approximately 2cA. Care should therefore be taken to ensure that this initial charge current (if ungoverned) is within the output capability of the equipment. Final charge current at 2.275 volts per cell is typically between 0.0005cA to 0.004cA.

Charging For Cyclic Applications

See cyclic recharge regime graph.

CAUTION

- Do not Short Circuit
- Do not charge in a sealed container
- Service life and operational characteristics will be affected by temperature
- AC Ripple reduces service life.



Yuasa Battery Sales (UK) Ltd

Unit 22 Rassau Industrial Estate
Ebbw Vale, Gwent, NP23 5SD
Tel: 08708 500312 Fax: 08708 500317
E-mail: enquiries@yuasa-sales.co.uk

Registered number 1548820

Cat. No. NP4-12 February 07

E&O.E.

Distributed by

www.yuasa-battery.co.uk

Microcontrolador 8052



DS89C430/DS89C450 Ultra-High-Speed Flash Microcontrollers

www.maxim-ic.com

GENERAL DESCRIPTION

The DS89C430 and DS89C450 offer the highest performance available in 8051-compatible microcontrollers. They feature newly designed processor cores that execute instructions up to 12 times faster than the original 8051 at the same crystal speed. Typical applications will experience a speed improvement up to 10x. At 1 million instructions per second (MIPS) per megahertz, the microcontrollers achieve 33 MIPS performance from a maximum 33MHz clock rate.

The DS89C440 is a 32kB version of the DS89C450 that is no longer available. The DS89C450 can be used as a drop-in replacement.

The *Ultra-High-Speed Flash Microcontroller User's Guide* should be used in conjunction with this data sheet. Download it at www.maxim-ic.com/microcontrollers.

ORDERING INFORMATION

PART	FLASH MEMORY SIZE	PIN-PACKAGE
DS89C430-MNL	16kB	40 PDIP
DS89C430-MNL+	16kB	40 PDIP
DS89C430-QNL	16kB	44 PLCC
DS89C430-QNL+	16kB	44 PLCC
DS89C430-ENL	16kB	44 TQFP
DS89C430-ENL+	16kB	44 TQFP
DS89C440-xxx	Contact factory or replace with DS89C430 or DS89C450.	
DS89C450-MNL	64kB	40 PDIP
DS89C450-MNL+	64kB	40 PDIP
DS89C450-QNL	64kB	44 PLCC
DS89C450-QNL+	64kB	44 PLCC
DS89C450-ENL	64kB	44 TQFP
DS89C450-ENL+	64kB	44 TQFP

+ Denotes a lead-free/RoHS-compliant device.

Complete Selector Guide appears at end of data sheet.
Pin Configurations appear at end of data sheet.

APPLICATIONS

Data Logging	Telephones	Building Energy Control and Management	Uninterruptible Power Supplies	Automotive Test Equipment	Industrial Control and Automation
White Goods	HVAC	Programmable Logic Controllers	Building Security and Door Access Control	Consumer Electronics	
Motor Control	Vending				
Magstripe Reader/Scanner	Gaming Equipment				

FEATURES

- **High-Speed 8051 Architecture**
One Clock-Per-Machine Cycle
DC to 33MHz Operation
Single Cycle Instruction in 30ns
Optional Variable Length MOVX to Access Fast/Slow Peripherals
Dual Data Pointers with Automatic Increment/Decrement and Toggle Select
Supports Four Paged Memory-Access Modes
- **On-Chip Memory**
16kB/64kB Flash Memory
In-Application Programmable
In-System Programmable Through Serial Port
1kB SRAM for MOVX
- **80C52 Compatible**
8051 Pin and Instruction Set Compatible
Four Bidirectional, 8-Bit I/O Ports
Three 16-Bit Timer Counters
256 Bytes Scratchpad RAM
- **Power-Management Mode**
Programmable Clock Divider
Automatic Hardware and Software Exit
- **ROMSIZE Feature**
Selects Internal Program Memory Size from 0 to 64kB
Allows Access to Entire External Memory Map
Dynamically Adjustable by Software
- **Peripheral Features**
Two Full-Duplex Serial Ports
Programmable Watchdog Timer
13 Interrupt Sources (Six External)
Five Levels of Interrupt Priority
Power-Fail Reset
Early Warning Power-Fail Interrupt
Electromagnetic Interference (EMI) Reduction

DS89C430/DS89C450 Ultra-High-Speed Flash Microcontrollers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on Any Pin Relative to Ground.....	-0.3V to (V _{CC} + 0.5V)
Voltage Range on V _{CC} Relative to Ground.....	-0.3V to +6.0V
Ambient Temperature Range (under bias).....	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range.....	-55°C to +125°C
Soldering Temperature.....	See IPC/JEDEC J-STD-020

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 4.5V to 5.5V, T_O = -40°C to +85°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage (Notes 2, 3)	V _{CC}	4.5	5.0	5.5	V
Power-Fail Warning (Notes 2, 4)	V _{PFW}	4.2	4.375	4.6	V
Reset Trip Point (Min Operating Voltage) (Notes 2, 3, 4)	V _{RST}	3.95	4.125	4.35	V
Supply Current, Active Mode (Note 5)	I _{CC}		75	110	mA
Supply Current, Idle Mode at 33MHz (Note 6)	I _{IDLE}		40	50	mA
Supply Current, Stop Mode, Bandgap Disabled (Note 7)	I _{STOP}		1	100	μA
Supply Current, Stop Mode, Bandgap Enabled (Note 7)	I _{SPBG}		150	300	μA
Input Low Level (Note 2)	V _{IL}	-0.3		+0.8	V
Input High Level (Note 2)	V _{IH}	2.0		V _{CC} + 0.3	V
Input High Level XTAL and RST (Note 2)	V _{IH2}	3.5		V _{CC} + 0.3	V
Output Low Voltage, Port 1 and 3 at I _{OL} = 1.6mA (Note 2)	V _{OL1}		0.15	0.45	V
Output Low Voltage, Port 0 and 2, ALE, PSEN at I _{OL} = 3.2mA (Note 2)	V _{OL2}		0.15	0.45	V
Output High Voltage, Port 1, 2, and 3, at I _{OH} = -50μA (Notes 2, 8)	V _{OH1}	2.4			V
Output High Voltage, Port 1, 2, and 3 at I _{OH} = -1.5mA (Notes 2, 9)	V _{OH2}	2.4			V
Output High Voltage, Port 0, 1, 2, ALE, PSEN, RD, WR in Bus Mode at I _{OH} = -8mA (Notes 2, 10)	V _{OH3}	2.4			V
Output High Voltage, RST at I _{OL} = -0.4mA (Note 2, 11)	V _{OH4}	2.4			V
Input Low Current, Port 1, 2, and 3 at 0.4V	I _{IL}	-50			μA
Transition Current from 1 to 0, Port 1, 2, and 3 at 2V (Note 12)	I _{TL}	-650			μA
Input Leakage Current, Port 0 in I/O Mode and EA (Note 13)	I _L	-10		+10	μA
Input Current, Port 0 in Bus Mode (Note 14)	I _L	-300		+300	μA
RST Pulldown Resistance (Note 13)	R _{RST}	50	120	200	kΩ

DS89C430/DS89C450 Ultra-High-Speed Flash Microcontrollers

PIN DESCRIPTION

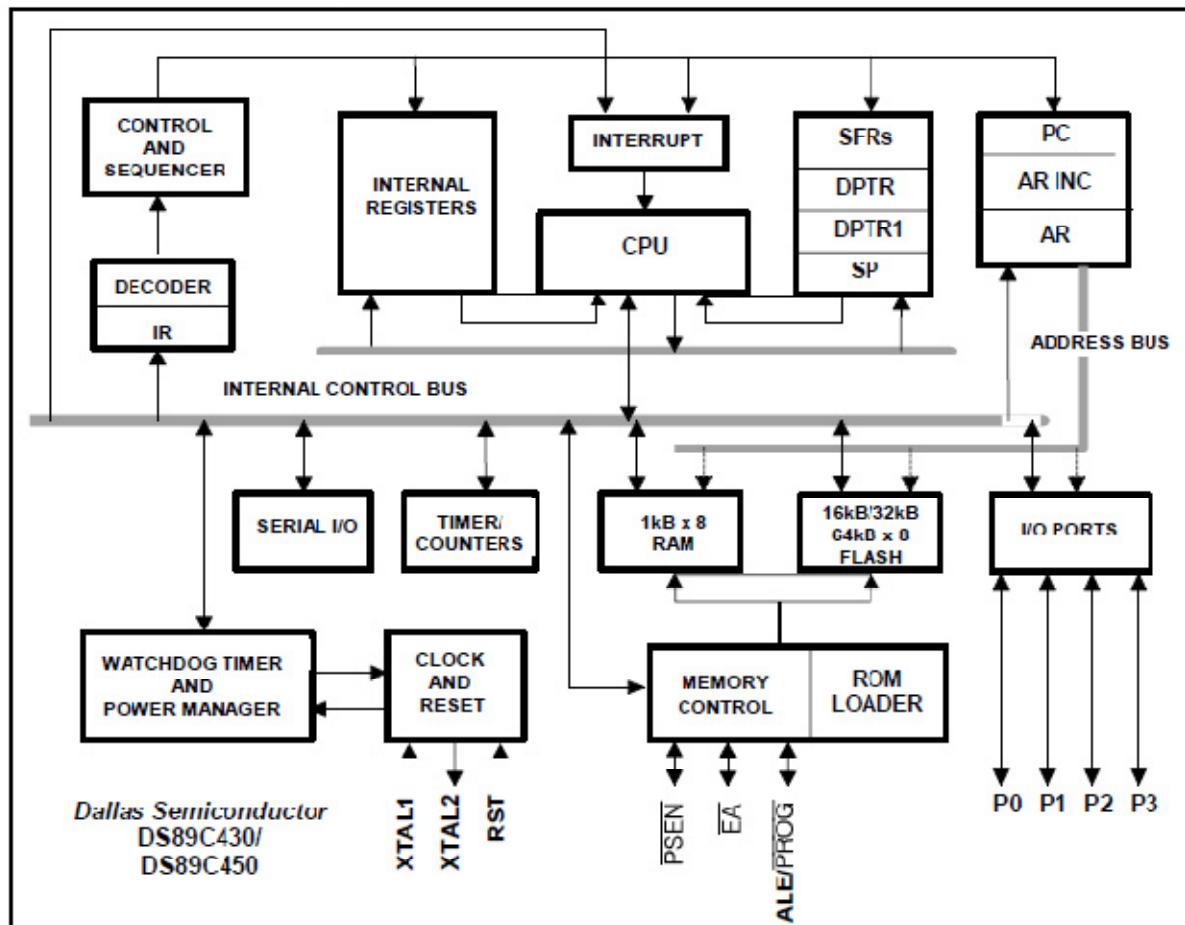
PIN			NAME	FUNCTION
PDIP	PLCC	TQFP		
40	12, 44	6, 38	V _{CC}	+5V
20	1, 22, 23, 34	16, 17, 28, 39	GND	Logic Ground
9	10	4	RST	External Reset. The RST input pin is bidirectional and contains a Schmitt Trigger to recognize external active-high reset inputs. The pin also employs an internal pulldown resistor to allow for a combination of wire-ORed external reset sources. An RC is not required for power-up, as the device provides this function internally.
19	21	15	XTAL1	Crystal Oscillators. These pins provide support for fundamental-mode parallel-resonant AT-cut crystals. XTAL1 also acts as an input if there is an external clock source in place of a crystal. XTAL2 serves as the output of the crystal amplifier.
18	20	14	XTAL2	
29	32	26	PSEN	Program Store Enable. This signal is commonly connected to optional external program memory as a chip enable. PSEN provides an active-low pulse and is driven high when external program memory is not being accessed. In one-cycle page mode 1, PSEN remains low for consecutive page hits.
30	33	27	ALE/PROG	Address Latch Enable. This signal functions as a clock to latch the external address LSB from the multiplexed address/data bus on Port 0. This signal is commonly connected to the latch enable of an external 373-family transparent latch. In default mode, ALE has a pulse width of 1.5 XTAL1 cycles and a period of four XTAL1 cycles. In page mode, the ALE pulse width is altered according to the page mode selection. In traditional 8051 mode, ALE is high when using the CMI reduction mode and during a reset condition. ALE can be enabled by writing ALECN = 1 (PMR.2). Note that ALE operates independently of ALEON during external memory accesses. As an alternate mode, this pin (PROG) is used to execute the parallel program function.
39	43	37	P0.0 (AD0)	Port 0 (AD0–AD7), I/O. Port 0 is an open-drain, 8-bit, bidirectional I/O port. As an alternate function, Port 0 can function as the multiplexed address/data bus to access off-chip memory. During the time when ALE is high, the LSB of a memory address is presented. When ALE falls to logic 0, the port transitions to a bidirectional data bus. This bus is used to read external program memory and read/write external RAM or peripherals. When used as a memory bus, the port provides weak pullups for logic 1 outputs. The reset condition of port 0 is tri-state. Pullup resistors are required only when using port 0 as an I/O port.
38	42	36	P0.1 (AD1)	
37	41	35	P0.2 (AD2)	
36	40	34	P0.3 (AD3)	
35	39	33	P0.4 (AD4)	
34	38	32	P0.5 (AD5)	
33	37	31	P0.6 (AD6)	
32	36	30	P0.7 (AD7)	

DS89C430/DS89C450 Ultra-High-Speed Flash Microcontrollers

PIN DESCRIPTION (continued)

PIN			NAME	FUNCTION																											
PDIP	PLCC	TQFP																													
1	2	40	P1.0	Port 1, I/O. Port 1 functions as both an 8-bit, bidirectional I/O port and an alternate functional interface for timer 2 I/O, new external interrupts, and new serial port 1. The reset condition of port 1 is with all bits at logic 1. In this state, a weak pullup holds the port high. This condition also serves as an input state, since any external circuit that writes to the port overcomes the weak pullup. When software writes a 0 to any port pin, the DS89C430/DS89C450 activate a strong pulldown that remains on until either a 1 is written or a reset occurs. Writing a 1 after the port has been at 0 causes a strong transition driver to turn on, followed by a weaker sustaining pullup. Once the momentary strong driver turns off, the port again becomes the output high (and input) state. The alternate functions of port 1 are as follows: <table><tr><th>PORT</th><th>ALTERNATE</th><th>FUNCTION</th></tr><tr><td>P1.0</td><td>T2</td><td>External I/O for Timer/Counter2</td></tr><tr><td>P1.1</td><td>T2EX</td><td>Timer 2 Capture/Reload Trigger</td></tr><tr><td>P1.2</td><td>RXD1</td><td>Serial Port 1 Receive</td></tr><tr><td>P1.3</td><td>TXD1</td><td>Serial Port 1 Transmit</td></tr><tr><td>P1.4</td><td>INT2</td><td>External Interrupt 2 (Positive Edge Detect)</td></tr><tr><td>P1.5</td><td>INT3</td><td>External Interrupt 3 (Negative Edge Detect)</td></tr><tr><td>P1.6</td><td>INT4</td><td>External Interrupt 4 (Positive Edge Detect)</td></tr><tr><td>P1.7</td><td>INT5</td><td>External Interrupt 5 (Negative Edge Detect)</td></tr></table>	PORT	ALTERNATE	FUNCTION	P1.0	T2	External I/O for Timer/Counter2	P1.1	T2EX	Timer 2 Capture/Reload Trigger	P1.2	RXD1	Serial Port 1 Receive	P1.3	TXD1	Serial Port 1 Transmit	P1.4	INT2	External Interrupt 2 (Positive Edge Detect)	P1.5	INT3	External Interrupt 3 (Negative Edge Detect)	P1.6	INT4	External Interrupt 4 (Positive Edge Detect)	P1.7	INT5	External Interrupt 5 (Negative Edge Detect)
PORT	ALTERNATE	FUNCTION																													
P1.0	T2	External I/O for Timer/Counter2																													
P1.1	T2EX	Timer 2 Capture/Reload Trigger																													
P1.2	RXD1	Serial Port 1 Receive																													
P1.3	TXD1	Serial Port 1 Transmit																													
P1.4	INT2	External Interrupt 2 (Positive Edge Detect)																													
P1.5	INT3	External Interrupt 3 (Negative Edge Detect)																													
P1.6	INT4	External Interrupt 4 (Positive Edge Detect)																													
P1.7	INT5	External Interrupt 5 (Negative Edge Detect)																													
2	3	41	P1.1																												
3	4	42	P1.2																												
4	5	43	P1.3																												
5	6	44	P1.4																												
6	7	1	P1.5																												
7	8	2	P1.6																												
8	9	3	P1.7																												
21	24	18	P2.0 (A8)	Port 2 (A8–A15), I/O. Port 2 is an 8-bit, bidirectional I/O port. The reset condition of port 2 is logic high. In this state, a weak pullup holds the port high. This condition also serves as an input mode, since any external circuit that writes to the port overcomes the weak pullup. When software writes a 0 to any port pin, the DS89C430/DS89C450 activate a strong pulldown that remains on until either a 1 is written or a reset occurs. Writing a 1 after the port has been at 0 causes a strong transition driver to turn on, followed by a weaker sustaining pullup. Once the momentary strong driver turns off, the port again becomes both the output high and input state. As an alternate function, port 2 can function as the MSB of the external address bus when reading external program memory and read/write external RAM or peripherals. In page mode 1, port 2 provides both the MSB and LSB of the external address bus. In page mode 2, it provides the MSB and data.																											
22	25	19	P2.1 (A9)																												
23	26	20	P2.2 (A10)																												
24	27	21	P2.3 (A11)																												
25	28	22	P2.4 (A12)																												
26	29	23	P2.5 (A13)																												
27	30	24	P2.6 (A14)																												
28	31	25	P2.7 (A15)																												
10	11	5	P3.0	Port 3, I/O. Port 3 functions as both an 8-bit, bidirectional I/O port and an alternate functional interface for external interrupts, serial port 0, timer 0 and 1 inputs, and \overline{RD} and \overline{WR} strobes. The reset condition of port 3 is with all bits at a logic 1. In this state, a weak pullup holds the port high. This condition also serves as an input mode, since any external circuit that writes to the port overcomes the weak pullup. When software writes a 0 to any port pin, the DS89C430/DS89C450 activate a strong pulldown that remains on until either a 1 is written or a reset occurs. Writing a 1 after the port has been at 0 causes a strong transition driver to turn on, followed by a weaker sustaining pullup. Once the momentary strong driver turns off, the port again becomes both the output high and input state. The alternate modes of port 3 are as follows: <table><tr><th>PORT</th><th>ALTERNATE</th><th>FUNCTION</th></tr><tr><td>P3.0</td><td>RXD0</td><td>Serial Port 0 Receive</td></tr><tr><td>P3.1</td><td>TXD0</td><td>Serial Port 0 Transmit</td></tr><tr><td>P3.2</td><td>$\overline{INT0}$</td><td>External Interrupt 0</td></tr><tr><td>P3.3</td><td>$\overline{INT1}$</td><td>External Interrupt 1</td></tr><tr><td>P3.4</td><td>T0</td><td>Timer 0 External Input</td></tr><tr><td>P3.5</td><td>T1</td><td>Timer 1 External Input</td></tr><tr><td>P3.6</td><td>\overline{WR}</td><td>External Data Memory Write Strobe</td></tr><tr><td>P3.7</td><td>\overline{RD}</td><td>External Data Memory Read Strobe</td></tr></table>	PORT	ALTERNATE	FUNCTION	P3.0	RXD0	Serial Port 0 Receive	P3.1	TXD0	Serial Port 0 Transmit	P3.2	$\overline{INT0}$	External Interrupt 0	P3.3	$\overline{INT1}$	External Interrupt 1	P3.4	T0	Timer 0 External Input	P3.5	T1	Timer 1 External Input	P3.6	\overline{WR}	External Data Memory Write Strobe	P3.7	\overline{RD}	External Data Memory Read Strobe
PORT	ALTERNATE	FUNCTION																													
P3.0	RXD0	Serial Port 0 Receive																													
P3.1	TXD0	Serial Port 0 Transmit																													
P3.2	$\overline{INT0}$	External Interrupt 0																													
P3.3	$\overline{INT1}$	External Interrupt 1																													
P3.4	T0	Timer 0 External Input																													
P3.5	T1	Timer 1 External Input																													
P3.6	\overline{WR}	External Data Memory Write Strobe																													
P3.7	\overline{RD}	External Data Memory Read Strobe																													
11	13	7	P3.1																												
12	14	8	P3.2																												
13	15	9	P3.3																												
14	16	10	P3.4																												
15	17	11	P3.5																												
16	18	12	P3.6																												
17	19	13	P3.7																												
31	35	29	\overline{EA}	External Access. Allows selection of internal or external program memory. Connect to ground to force the DS89C430/DS89C450 to use an external memory program memory. The internal RAM is still accessible as determined by register settings. Connect to V_{CC} to use internal flash memory.																											

Figure 5. Functional Diagram



DETAILED DESCRIPTION

The DS89C430 and DS89C450 are pin compatible with all three packages of the standard 8051 and include standard resources such as three timer/counters, serial port, and four 8-bit I/O ports. The three part numbers vary only by the amount of internal flash memory (DS89C430 – 16kB, DS89C450 – 64kB), which can be in-system/in-application programmed from a serial port using ROM-resident or user-defined loader software. For volume deployments, the flash can also be loaded externally using standard commercially available parallel programmers.

Besides greater speed, the DS89C430/DS89C450 include 1kB of data RAM, a second full hardware serial port, seven additional interrupts, two extra levels of interrupt priority, programmable watchdog timer, brownout monitor, and power-fail reset. Dual data pointers (DPTRs) are included to speed up block data-memory moves with further enhancements coming from selectable automatic increment/decrement and toggle select operation. The speed of MOVX data memory access can be adjusted by adding stretch values up to 10 machine cycles for flexibility in selecting external memory and peripherals.

A power management mode consumes significantly lower power by slowing the CPU execution rate from one clock period per cycle to 1024 clock periods per cycle. A selectable switchback feature can automatically cancel this mode to enable normal speed responses to interrupts.

For EMI-sensitive applications, the microcontroller can disable the ALE signal when the processor is not accessing external memory.

Motor Bernio



Bernio Elettromeccanica s.n.c.

Gear motors with planet gears

MR 734 20
MR 724 22
MR 383 28
MR 383 28E
MR 615 30 Q
MR 737 40
MR 735 32
MR 742 40
MR 742 43
MR 742 42
MR 742 45 2C
MR 752 63
MR 752 L 63
MR 752 52
MR 763 63
MR 977 80 2C
MR 977 80 Q

Precision gearboxes

RHP 42
RHP 52
RHP 52 Nema 23

Gearboxes

R 60
R 80
R 105

Gear motors with worm gear

MVR 737/30/26
MVSF 742/26
MVSF 752/26

Encoders

EB 04
EB 50

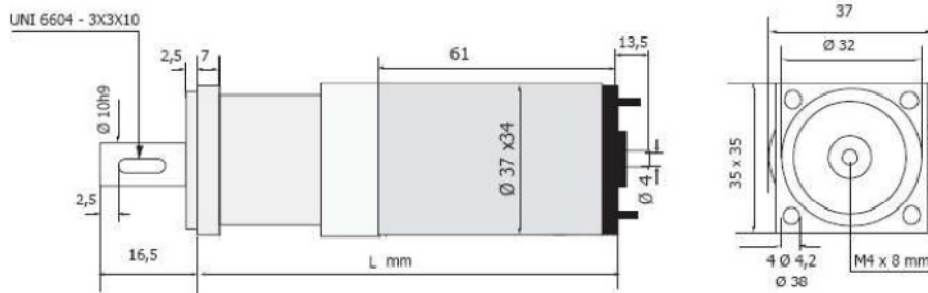
Nema Gearboxes

VSF 26 Nema 23
R 30 Q Nema 17
R 45 Nema 23
R 63 Nema 23
R 63 Nema 34
R 80 Nema 34

- Italiano
- German
- The Company
- Commercial department
- Samples
- Pdf Catalog
- Home

Gear motor MR 615 30 Q

12/24 Vdc 22 W ϕ 37x34



Type	Ratio	L mm	* R.P.M. no load min ⁻¹	* R.P.M. S 1 min ⁻¹	S1 Torque Nm	* R.P.M. S2 min ⁻¹	S2 Torque Nm	Max Torque Nm	I max A
615 30Q 1/4	4	93	1150	980	0,12	860	0,21	0,68	5,4
615 30Q 1/16	16	101	315	260	0,51	221	0,88	3,1	5,4
615 30Q 1/64	64	110	79	65	1,45	58	2,35	8,6	5,4
615 30Q 1/256	256	118	21	17,3	4,02	15	6,7	10	2,1
615 30Q 1/1024	1024	127	5,27	4,5	12	4,5	12	12	1



Length "L" of the gearmotor as a function of reduction and outlet number of revolution with the standard motor 737

22 output W 5000 Rpm loadness, 12/24 Vdc. Outlet shaft is supported by two coupled screened bearings. The motor and the reduction gear are both plated for corrosion strength. The motor has an electrical suppressor system for the CE standard.

* The speed rotation can change of $\pm 10\%$.

The S1 load test was made using a 1 A current in the air with an increase of temperature of 70° C.

The S2 load test was made using a 1,7 A current in the air with a timing 5' ON 5' OFF with an increase of temperature of 80° C max. The starting current is 5.4 A and cannot be

maintained for more than 2".

Max forces which may act on the outlet shaft: Axial 20 kg, Radial 30 kg on the extremity of outlet shaft.

Possibility to apply other motor types ϕ 40 with different voltage and RPM and encoder.

For further informations please contact our technical department

BERNIO ELETTROMECCANICA SNC

Via M.CERVINO N.12 BRUGHERIO 20047 MILANO Tel ++39

039 870638

Fax ++39 039 877766

e-mail info@bernio.it - <http://www.bernio.it>

Encoder



Bernio Elettromeccanica s.n.c.

Gear motors with planet gears

MR 724 20
MR 724 22
MR 383 28
MR 383 28E
MR 615 30 Q
MR 737 40
MR 735 32
MR 742 40
MR 742 43
MR 742 42
MR 742 45 2C
MR 752 63
MR 752 L 63
MR 752 52
MR 763 63
MR 977 80 2C
MR 977 80 Q

Precision gearboxes

RHP 42
RHP 52
RHP 52 Nema 23

Gearboxes

R 60
R 80
R 105

Gear motors with worm gear

MVR 737/30/26
MVSF 742/26
MVSF 752/26

Encoders

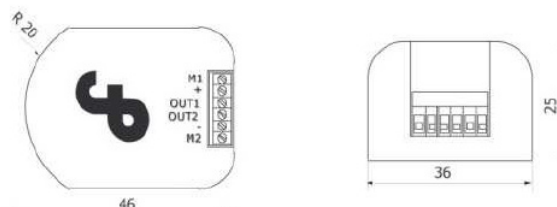
EB 04
EB 50

Nema Gearboxes

VSF 26 Nema 23
R 30 Q Nema 17
R 45 Nema 23
R 63 Nema 23
R 63 Nema 34
R 80 Nema 34

- Italiano
- German
- The Company
- Commercial department
- Samples
- Pdf Catalog
- Home

Optical encoder EB 50



Optical encoder monodirectional with 50 pulse every turn or bidirectional with 25 pulse every turn built for our motor type 615, 742.

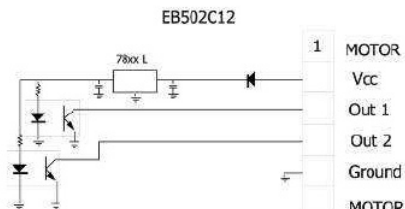
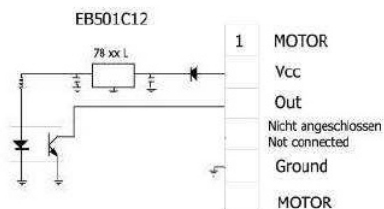
Power 6-24 Vdc.

Output open collector max 30 Vdc.

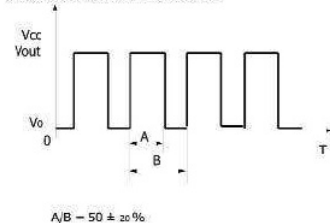
The motor 615 turn CCW connecting positive voltage to M1. The encoder is sold only assembled with our motors

The motor turn CW or CCW depending the output 1 or 2 go up before.

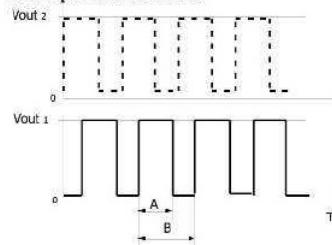
If not provided in the control card, it is necessary to connect a pull up resistance between each output and the positive power supply. The value of this resistance is calculated as 1/10 of the card input impedance and in any case must not be lower than 1 KOhm. It is possible to have other output configurations.



ENCODER EINSEITIG GERICHTET
UNIDIRECTIONAL ENCODER



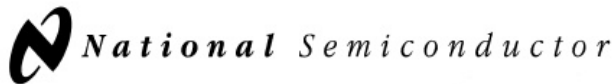
ENCODER ZWEISEITIG GERICHTET
BIDIRECTIONAL ENCODER



For further informations please contact our technical department

BERNIO ELETTROMECCANICA SNC
Via M.CERVINO N.12 BRUGHERIO 20047 MILANO Tel ++39 039 870638 Fax ++39 039 877766
e-mail info@bernio.it - <http://www.bernio.it>

LM2755-15V



June 1999

LM1577/LM2577 Series SIMPLE SWITCHER® Step-Up Voltage Regulator

General Description

The LM1577/LM2577 are monolithic integrated circuits that provide all of the power and control functions for step-up (boost), flyback, and forward converter switching regulators. The device is available in three different output voltage versions: 12V, 15V, and adjustable.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are cost effective, and simple to use. Listed in this data sheet are a family of standard inductors and flyback transformers designed to work with these switching regulators.

Included on the chip is a 3.0A NPN switch and its associated protection circuitry, consisting of current and thermal limiting, and undervoltage lockout. Other features include a 52 kHz fixed-frequency oscillator that requires no external components, a soft start mode to reduce in-rush current during start-up, and current mode control for improved rejection of input voltage and output load transients.

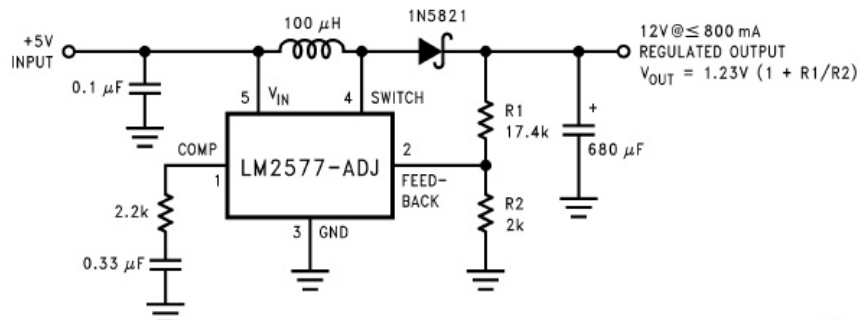
Features

- Requires few external components
- NPN output switches 3.0A, can stand off 65V
- Wide input voltage range: 3.5V to 40V
- Current-mode operation for improved transient response, line regulation, and current limit
- 52 kHz internal oscillator
- Soft-start function reduces in-rush current during start-up
- Output switch protected by current limit, under-voltage lockout, and thermal shutdown

Typical Applications

- Simple boost regulator
- Flyback and forward regulators
- Multiple-output regulator

Typical Application



DS011468-1

Note: Pin numbers shown are for TO-220 (T) package.

Ordering Information

Temperature Range	Package Type	Output Voltage			NSC Package Drawing	Package
		12V	15V	ADJ		
-40°C ≤ T _A ≤ +125°C	24-Pin Surface Mount	LM2577M-12	LM2577M-15	LM2577M-ADJ	M24B	SO
	16-Pin Molded DIP	LM2577N-12	LM2577N-15	LM2577N-ADJ	N16A	N
	5-Lead Surface Mount	LM2577S-12	LM2577S-15	LM2577S-ADJ	TS5B	TO-263
	5-Straight Leads	LM2577T-12	LM2577T-15	LM2577T-ADJ	T05A	TO-220
	5-Bent Staggered Leads	LM2577T-12	LM2577T-15	LM2577T-ADJ	T05D	TO-220
-55°C ≤ T _A ≤ +150°C	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03		
	4-Pin TO-3	LM1577K-12/883	LM1577K-15/883	LM1577K-ADJ/883	K04A	TO-3

SIMPLE SWITCHER® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

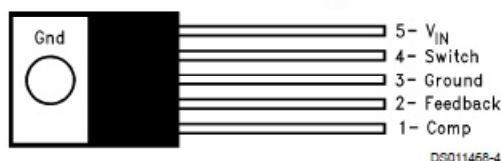
Electrical Characteristics—LM1577-15, LM2577-15

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those in **bold type face** apply over full **Operating Temperature Range**. Unless otherwise specified, $V_{IN} = 5\text{V}$, and $I_{\text{SWITCH}} = 0$.

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	LM1577-15 Limit (Notes 3, 4)	LM2577-15 Limit (Note 5)	Units (Limits)
SYSTEM PARAMETERS Circuit of Figure 2 (Note 6)						
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 5\text{V to } 12\text{V}$ $I_{\text{LOAD}} = 100\text{ mA to } 600\text{ mA}$ (Note 3)	15.0	14.50/ 14.25 15.50/ 15.75	14.50/ 14.25 15.50/ 15.75	V V(min) V(max)
$\frac{\Delta V_{\text{OUT}}}{\Delta V_{IN}}$	Line Regulation	$V_{IN} = 3.5\text{V to } 12\text{V}$ $I_{\text{LOAD}} = 300\text{ mA}$	20	50/100	50/100	mV mV(max)
$\frac{\Delta V_{\text{OUT}}}{\Delta I_{\text{LOAD}}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 5\text{V}$ $I_{\text{LOAD}} = 100\text{ mA to } 600\text{ mA}$	20	50/100	50/100	mV mV(max)
η	Efficiency	$V_{IN} = 5\text{V}$, $I_{\text{LOAD}} = 600\text{ mA}$	80			%
DEVICE PARAMETERS						
I_S	Input Supply Current	$V_{\text{FEEDBACK}} = 18.0\text{V}$ (Switch Off)	7.5	10.0/ 14.0	10.0/ 14.0	mA mA(max)
		$I_{\text{SWITCH}} = 20\text{ mA}$ $V_{\text{COMP}} = 2.0\text{V}$ (Max Duty Cycle)	25	50/ 85	50/ 85	mA mA(max)
V_{UV}	Input Supply	$I_{\text{SWITCH}} = 100\text{ mA}$	2.90			V

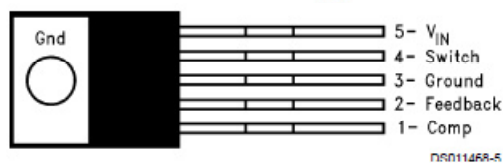
Connection Diagrams

Straight Leads
5-Lead TO-220 (T)



Top View
Order Number LM2577T-12, LM2577T-15,
or LM2577T-ADJ
See NS Package Number T05A

Bent, Staggered Leads
5-Lead TO-220 (T)



Top View
Order Number LM2577T-12 Flow LB03, LM2577T-15
Flow LB03, or LM2577T-ADJ Flow LB03
See NS Package Number T05D

LM2599-5V



December 2000

LM2599 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator, with Features

General Description

The LM2599 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, and an adjustable output version.

This series of switching regulators is similar to the LM2596 series, with additional supervisory and performance features added.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation†, improved line and load specifications, fixed-frequency oscillator, Shutdown/Soft-start, error flag delay and error flag output.

The LM2599 series operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 7-lead TO-220 package with several different lead bend options, and a 7-lead TO-263 Surface mount package.

A standard series of inductors (both through hole and surface mount types) are available from several different manufacturers optimized for use with the LM2599 series. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a guaranteed $\pm 4\%$ tolerance on output voltage under all conditions of input voltage and output load conditions, and $\pm 15\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring typically $80 \mu\text{A}$

standby current. Self protection features include a two stage current limit for the output switch and an over temperature shutdown for complete protection under fault conditions.

Features

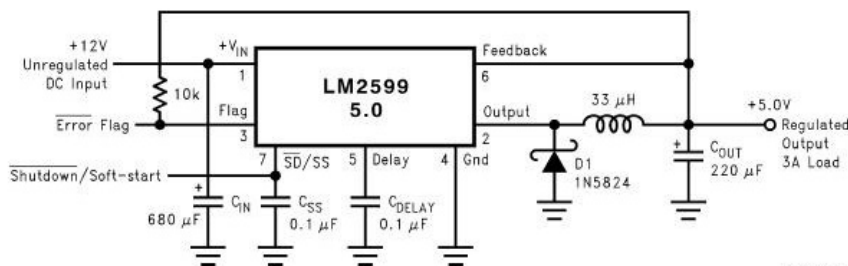
- 3.3V, 5V, 12V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range, 1.2V to 37V $\pm 4\%$ max over line and load conditions
- Guaranteed 3A output current
- Available in 7-pin TO-220 and TO-263 (surface mount) Package
- Input voltage range up to 40V
- 150 kHz fixed frequency internal oscillator
- Shutdown/Soft-start
- Out of regulation error flag
- Error output delay
- Low power standby mode, I_Q typically $80 \mu\text{A}$
- High Efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current limit protection

Applications

- Simple high-efficiency step-down (buck) regulator
- Efficient pre-regulator for linear regulators
- On-card switching regulators
- Positive to Negative converter

Note: † Patent Number 5,382,818.

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



D0012592-1

SIMPLE SWITCHER® and Switchers Made Simple® are registered trademarks of National Semiconductor Corporation.

LM2599 SIMPLE SWITCHER Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator, with Features

LM2599

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Maximum Supply Voltage (V_{IN})	45V
\overline{SD} /SS Pin Input Voltage (Note 2)	6V
Delay Pin Voltage (Note 2)	1.5V
Flag Pin Voltage	$-0.3 \leq V \leq 45V$
Feedback Pin Voltage	$-0.3 \leq V \leq +25V$
Output Voltage to Ground (Steady State)	-1V
Power Dissipation	Internally limited
Storage Temperature Range	-65°C to $+150^{\circ}\text{C}$

ESD Susceptibility

Human Body Model (Note 3)	2 kV
Lead Temperature	
S Package	
Vapor Phase (60 sec.)	$+215^{\circ}\text{C}$
Infrared (10 sec.)	$+215^{\circ}\text{C}$
T Package (Soldering, 10 sec.)	$+260^{\circ}\text{C}$
Maximum Junction Temperature	$+150^{\circ}\text{C}$

Operating Conditions

Temperature Range	$-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +125^{\circ}\text{C}$
Supply Voltage	4.5V to 40V

LM2599-5.0

Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^{\circ}\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range.

Symbol	Parameter	Conditions	LM2599-5.0		Units (Limits)
			Typ (Note 4)	Limit (Note 5)	
SYSTEM PARAMETERS (Note 6) Test Circuit <i>Figure 1</i>					
V _{OUT}	Output Voltage	7V ≤ V _{IN} ≤ 40V, 0.2A ≤ I _{LOAD} ≤ 3A	5	4.800/4.750 5.200/5.250	V V(min) V(max)
η	Efficiency	V _{IN} = 12V, I _{LOAD} = 3A	80		%

LM2599-ADJ

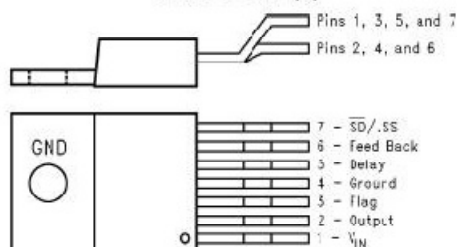
Electrical Characteristics

Specifications with standard type face are for $T_J = 25^{\circ}\text{C}$, and those with boldface type apply over full Operating Temperature Range.

Symbol	Parameter	Conditions	LM2599-ADJ		Units (Limits)
			Typ (Note 4)	Limit (Note 5)	
SYSTEM PARAMETERS (Note 6) Test Circuit Figure 1					
V _{FB}	Feedback Voltage	4.5V ≤ V _{IN} ≤ 40V, 0.2A ≤ I _{LOAD} ≤ 3A V _{OUT} programmed for 3V. Circuit of Figure 1.	1.230	1.193/1.180 1.267/1.280	V V(min) V(max)
η	Efficiency	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 3V, I _{LOAD} = 3A	73		%

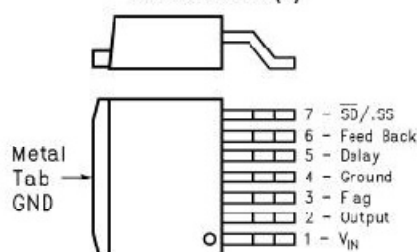
Connection Diagrams and Order Information

Bent and Staggered Leads, Through Hole Package 7-Lead TO-220 (T)



Order Number LM2599T-3.3, LM2599T-5.0,
LM2599T-12 or LM2599T-ADJ
See NS Package Number TA07B

Surface Mount Package 7-Lead TO-263 (S)



Order Number LM2599S-3.3, LM2599S-5.0,
LM2599S-12 or LM2599S-ADJ
See NS Package Number TS7B

BUMPERS

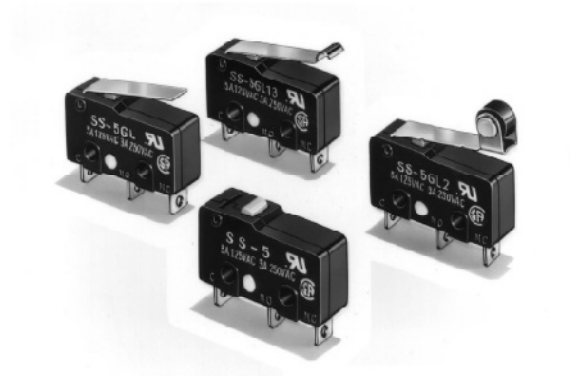
OMRON

Subminiature Basic Switch

SS

Subminiature Basic Switch Offers Long Life of 30,000,000 Operations

- A design that combines simplicity and stability by the use of two split springs ensures a long service life of 30,000,000 operations.
- A variety of models are available, with operating force ranging from low to high.
- Solder, quick-connect terminals (#110) and PCB terminals are available.
- Approval obtained for standards including UL, CSA, and VDE.



Ordering Information

Model Number Legend

SS-□□□□□
1 2 3 4 5

- 1. Ratings**
10: 10.1 A at 125 VAC
5: 5 A at 125 VAC
01: 0.1 A at 30 VDC
- 2. Actuator**
None: Pin plunger
GL: Hinge lever
GL13: Simulated roller lever
GL2: Hinge roller lever
- 3. Maximum Operating Force (see note 1)**
None: 1.47 N {150 gf}
-F: 0.49 N {50 gf} (0.1 A, 5 A)
-E: 0.25 N {25 gf} (0.1 A)

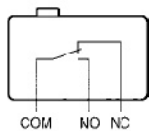
- 4. Contact Form**
None: SPDT
-2: SPST-NC
-3: SPST-NO

- 5. Terminals**
None: Solder terminals
T: Quick-connect terminals (#110)
D: PCB terminals (see note 2)

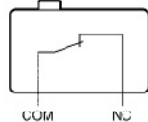
- Note:**
1. These values are for the pin plunger models.
 2. The PCB terminals has a right-angle terminal option.
D1: Left-angled terminals
D2: Right-angled terminals
 3. When suffix "-T" is placed after the model number, the model withstands high temperatures (-25°C to 120°C).

Contact Form

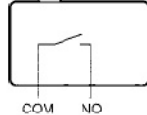
SPDT















SPST-NC



SPST-NO



■ List of Models

Rating	Actuator	OF max.	Solder terminals	Quick-connect terminals (#110)	PCB terminals
0.1 A	Pin plunger 	0.25 N {25 gf}	SS-01-E	SS-01-ET	SS-01-ED
		0.49 N {50 gf}	SS-01-F	SS-01-FT	SS-01-FD
		1.47 N {150 gf}	SS-01	SS-01T	SS-01D
	Hinge lever 	0.08 N {8 gf}	SS-01GL-E	SS-01GL-ET	SS-01GL-ED
		0.16 N {16 gf}	SS-01GL-F	SS-01GL-FT	SS-01GL-FD
		0.49 N {50 gf}	SS-01GL	SS-01GLT	SS-01GLD
	Simulated roller lever 	0.08 N {8 gf}	SS-01GL13-E	SS-01GL13-ET	SS-01GL13-ED
		0.16 N {16 gf}	SS-01GL13-F	SS-01GL13-FT	SS-01GL13-FD
		0.49 N {50 gf}	SS-01GL13	SS-01GL13T	SS-01GL13D
	Hinge roller lever 	0.08 N {8 gf}	SS-01GL2-E	SS-01GL2-ET	SS-01GL2-ED
		0.16 N {16 gf}	SS-01GL2-F	SS-01GL2-FT	SS-01GL2-FD
		0.49 N {50 gf}	SS-01GL2	SS-01GL2T	SS-01GL2D
5 A	Pin plunger 	0.49 N {50 gf}	SS-5-F	SS-5-FT	SS-5-FD
		1.47 N {150 gf}	SS-5	SS-5T	SS-5D
	Hinge lever 	0.16 N {16 gf}	SS-5GL-F	SS-5GL-FT	SS-5GL-FD
		0.49 N {50 gf}	SS-5GL	SS-5GLT	SS-5GLD
	Simulated roller lever 	0.16 N {16 gf}	SS-5GL13-F	SS-5GL13-FT	SS-5GL13-FD
		0.49 N {50 gf}	SS-5GL13	SS-5GL13T	SS-5GL13D
	Hinge roller lever 	0.16 N {16 gf}	SS-5GL2-F	SS-5GL2-FT	SS-5GL2-FD
		0.49 N {50 gf}	SS-5GL2	SS-5GL2T	SS-5GL2D
10.1 A	Pin plunger 	1.47 N {150 gf}	SS-10	SS-10T	SS-10D
	Hinge lever 	0.49 N {50 gf}	SS-10GL	SS-10GLT	SS-10GLD
	Simulated roller lever 	0.49 N {50 gf}	SS-10GL13	SS-10GL13T	SS-10GL13D
	Hinge roller lever 	0.49 N {50 gf}	SS-10GL2	SS-10GL2T	SS-10GL2D

Note: Consult your OMRON sales representative for details on SPST-NO and SPST-NC models.

Specifications

■ Ratings

Model	Item Rated voltage	Resistive load
SS-10	250 VAC	10.1 A
SS-5	125 VAC 250 VAC	5 A 3 A
SS-01	125 VAC 30 VDC	0.1 A 0.1 A

Note: The ratings values apply under the following test conditions:

Ambient temperature: 20±2°C

Ambient humidity: 65±5%

Operating frequency: 30 operations/min

■ Switching Capacity per Load (Reference Values)

Voltage	SS-10, SS-5								SS-01	
	Non-inductive load				Inductive load				Non-inductive load	
	Resistive load		Lamp load		Inductive load		Motor load		Resistive load	
	NC	NO	NC	NO	NC	NO	NC	NO	NC	NO
125 VAC	5 (10.1) A (see note 1)		1.5 A	0.7 A	3 A		2.5 A	1.3 A	0.1 A	
250 VAC	3 (10.1) A (see note 1)		1 A	0.5 A	2 A		1.5 A	0.8 A	---	
8 VDC	5 (10.1) A (see note 1)		2 A		5 A	4 A	3 A		0.1 A	
14 VDC	5 (10.1) A (see note 1)		2 A		4 A	4 A	3 A		0.1 A	
30 VDC	4 A		2 A		3 A	3 A	3 A		0.1 A	
125 VDC	0.4 A		0.05 A		0.4 A	0.4 A	0.05 A		---	
250 VDC	0.2 A		0.03 A		0.2 A	0.2 A	0.03 A		---	

Note: 1. Data in parentheses apply to the SS-10 models only.

2. The above values are for the steady-state current.

3. Inductive load has a power factor of 0.4 min. (AC) and a time constant of 7 ms max. (DC). The inductive load rating of SS-10 is the same as that of SS-5.

4. Lamp load has an inrush current of 10 times the steady-state current.

5. Motor load has an inrush current of 6 times the steady-state current.

6. If the Switch is used in a DC circuit and is subjected to a surge, connect a surge suppressor across the Switch.

■ Characteristics

Operating speed	0.1 mm to 1 m/s (pin plunger models)
Operating frequency	Mechanical: 400 operations/min max. Electrical: 30 operations/min max.
Insulation resistance	100 MΩ min. (at 500 VDC)
Contact resistance (initial value)	OF 1.47 N {150 gf}: SS-10, SS-5 models: 30 mΩ max. SS-01 models: 50 mΩ max. OF 0.49 N {50 gf}: SS-5 models: 50 mΩ max. SS-01 models: 100 mΩ max. OF 0.25 N {25 gf}: SS-01 models: 150 mΩ max.
Dielectric strength (see note 2)	1,000 VAC (600 VAC for SS-01 models), 50/60 Hz for 1 min between terminals of the same polarities 1,500 VAC, 50/60 Hz for 1 min between current-carrying metal part and ground, and between each terminal and non-current-carrying metal part
Vibration resistance (see note 3)	Malfunction: 10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude
Shock resistance (see note 4)	Destruction: OF 1.47 N {150 gf}: 1,000 m/s ² {approx. 100G} max. OF 0.25 N {25gf}/0.49 N {50 gf}: 500 m/s ² {approx. 50G} max. Malfunction: OF 1.47 N {150 gf}: 300 m/s ² {approx. 30G} max. OF 0.25 N {25 gf}/0.49 N {50 gf}: 200 m/s ² {approx. 20G} max.
Durability (see note 5)	Mechanical: 30,000,000 operations min. (60 operations/min) (Refer to the following <i>Engineering Data</i> .) 10,000,000 operations min. (60 operations/min) for SS-10 models Electrical: 200,000 operations min. (30 operations/min) (Refer to the following <i>Engineering Data</i> .) 50,000 operations min. (30 operations/min) for SS-10 models
Degree of protection	IEC IP40
Degree of protection against electrical shock	Class 1
Proof Tracking Index (PTI)	175
Ambient operating temperature	–25°C to 85°C (at ambient humidity of 60% max.) (with no icing)
Ambient operating humidity	85% max. (for 5°C to 35°C)
Weight	Approx. 1.6 g (pin plunger models)

- Note:**
1. The data given above are initial values.
 2. The dielectric strength shown in the table indicates a value for models with a Separator.
 3. For the pin plunger models, the above values apply for use at both the free position and total travel position. For the lever models, they apply at the total travel position.
 4. Lever-type models: Total travel position (with a contact separation time of 1 ms max.)
 5. For testing conditions, contact your OMRON sales representative.

■ Approved Standards

Consult your OMRON sales representative for specific models with standard approvals.

UL1054 (File No. E41515)/CSA C22.2 No. 55 (File No. LR21642)

Rated voltage	SS-10	SS-5	SS-01
125 VAC	---	5 A	0.1 A
250 VAC	10.1 A	3 A	---
30 VDC	---	---	0.1 A

EN61058-1 (File No. 129246 for SS-5, 125256 for SS-10, VDE approval)

Rated voltage	SS-10	SS-5
250 VAC	10 A	5 A

EN61058-1 (File No. J9451450, TÜV Rheinland approval)

Rated voltage	SS-10	SS-5
250 VAC	10 A	5 A

Testing conditions: 5E4 (50,000 operations); T85 (0°C to 85°C).

■ Contact Specifications

Item	SS-10	SS-5	SS-01
Contact	Specification	Rivet	Crossbar
	Material	Silver alloy	Silver
	Gap (standard value)	0.5 mm	0.25 mm
Inrush current	NC	20 A max.	1 A max.
	NO	15 A max.	10 A max.
Minimum applicable load (see note)	160 mA at 5 VDC	10 A max.	1 mA at 5 VDC

Note: For more information on the minimum applicable load, refer to *Using Micro Loads* on page 175.

■ Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating supply voltage	V _{CC}	4.5 to +5.5	V

■ Electro-optical Characteristics

(Ta=25°C, V_{CC}=5V)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Distance measuring range		ΔL	^{*1} ^{*3}	10	—	80	cm
Output terminal voltage	GP2D12	V _O	L=80cm ^{*1}	0.25	0.4	0.55	V
	GP2D15	V _{OH}	Output voltage at High ^{*1}	V _{CC} -0.3	—	—	V
		V _{OL}	Output voltage at Low ^{*1}	—	—	0.6	V
Difference of output voltage	GP2D12	ΔV_O	Output change at L=80cm to 10cm ^{*1}	1.75	2.0	2.25	V
Distance characteristics of output	GP2D15	V _O	^{*1} ^{*2} ^{*4}	21	24	27	cm
Average Dissipation current		I _{CC}	L=80cm ^{*1}	—	33	50	mA

Note) L : Distance to reflective object.

^{*1} Using reflective object : White paper (Made by Kodak Co. Ltd. gray cards R-27 : white face, reflective ratio : 90%).

^{*2} We ship the device after the following adjustment : Output switching distance L=24cm±3cm must be measured by the sensor.

^{*3} Distance measuring range of the optical sensor system.

^{*4} Output switching has a hysteresis width. The distance specified by V_O should be the one with which the output L switches to the output H.

Fig.1 Internal Block Diagram

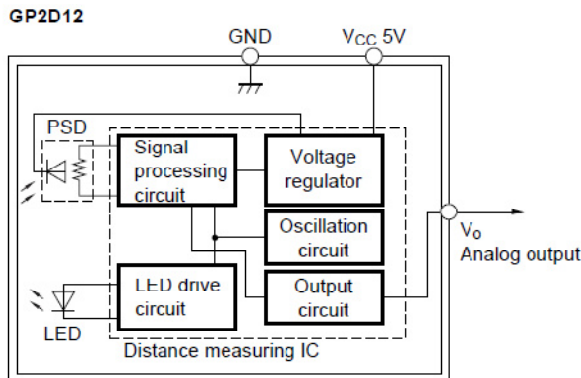
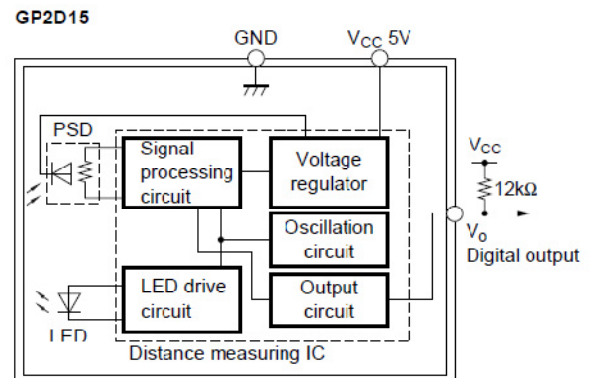
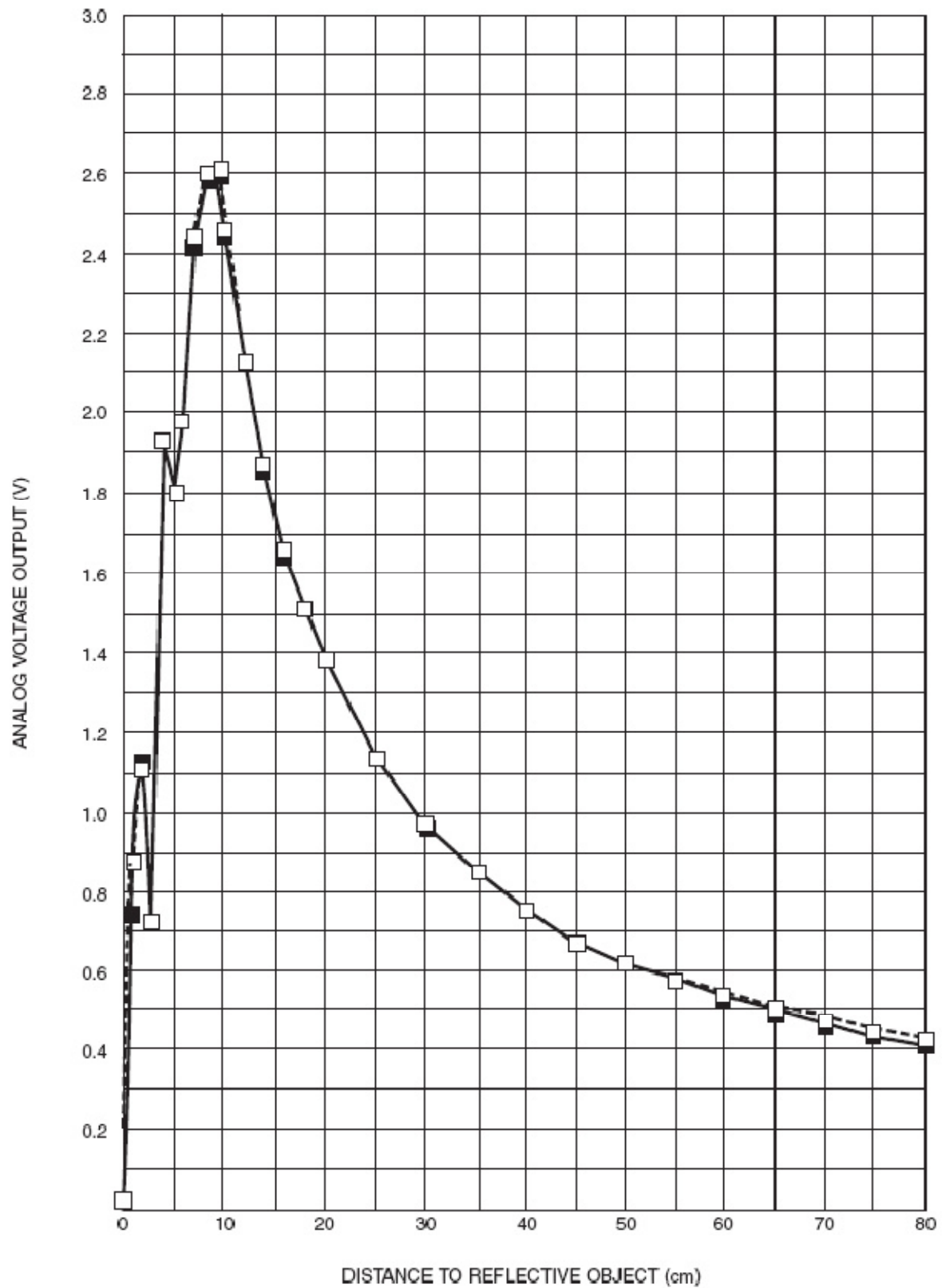


Fig.2 Internal Block Diagram



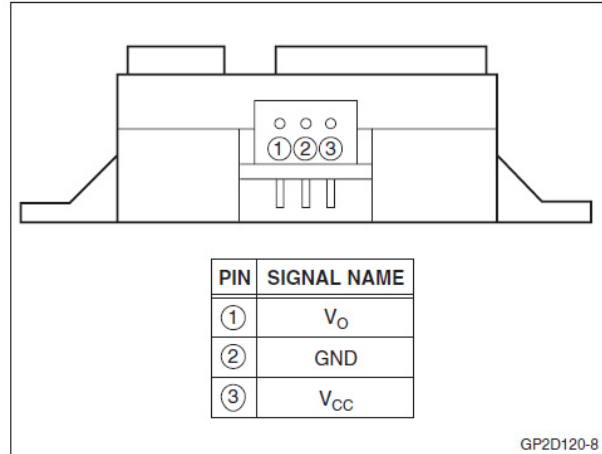
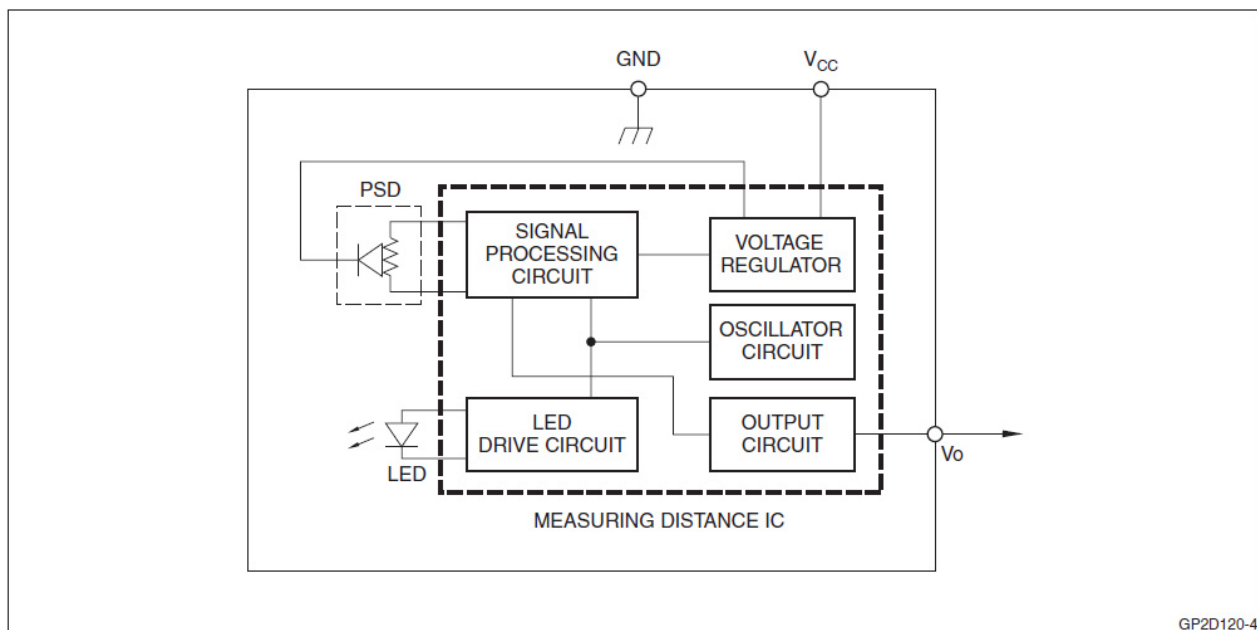


GP2D120**SHARP****GP2D120**
Optoelectronic Device**FEATURES**

- Analog output
- Effective range: 4 to 30 cm
- Typical response time: 39 ms
- Typical start up delay: 44 ms
- Average Current Consumption: 33 mA

DESCRIPTION

The GP2D120 is a distance measuring sensor with integrated signal processing and analog voltage output.

**Figure 1. Pinout****Figure 2. Block Diagram**

ELECTRICAL SPECIFICATIONS**Absolute Maximum Ratings** $T_a = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{ VDC}$

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	V_{CC}	-0.3 to +7	V
Output Terminal Voltage	V_O	-0.3 to ($V_{CC} + 0.3$)	V
Operating Temperature	T_{opr}	-10 to +60	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to +70	$^{\circ}\text{C}$

Operating Supply Voltage

PARAMETER	SYMBOL	RATING	UNIT
Operating Supply Voltage	V_{CC}	4.5 to 5.5	V

Electro-optical Characteristics $T_a = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{CC} = 5\text{ VDC}$

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	NOTES
Measuring Distance Range	ΔL		4	—	30	cm	1, 2
Output Terminal Voltage	V_O	$L = 30\text{ cm}$	0.25	0.4	0.55	V	1, 2
Output Voltage Difference	ΔV_O	Output change at ΔL (30 cm – 4 cm)	1.95	2.25	2.55	V	1, 2
Average Supply Current	I_{CC}	$L = 30\text{ cm}$	—	33	50	mA	1, 2

NOTES:

- Measurements made with Kodak R-27 Gray Card, using the white side, (90% reflectivity).
- L = Distance to reflective object.

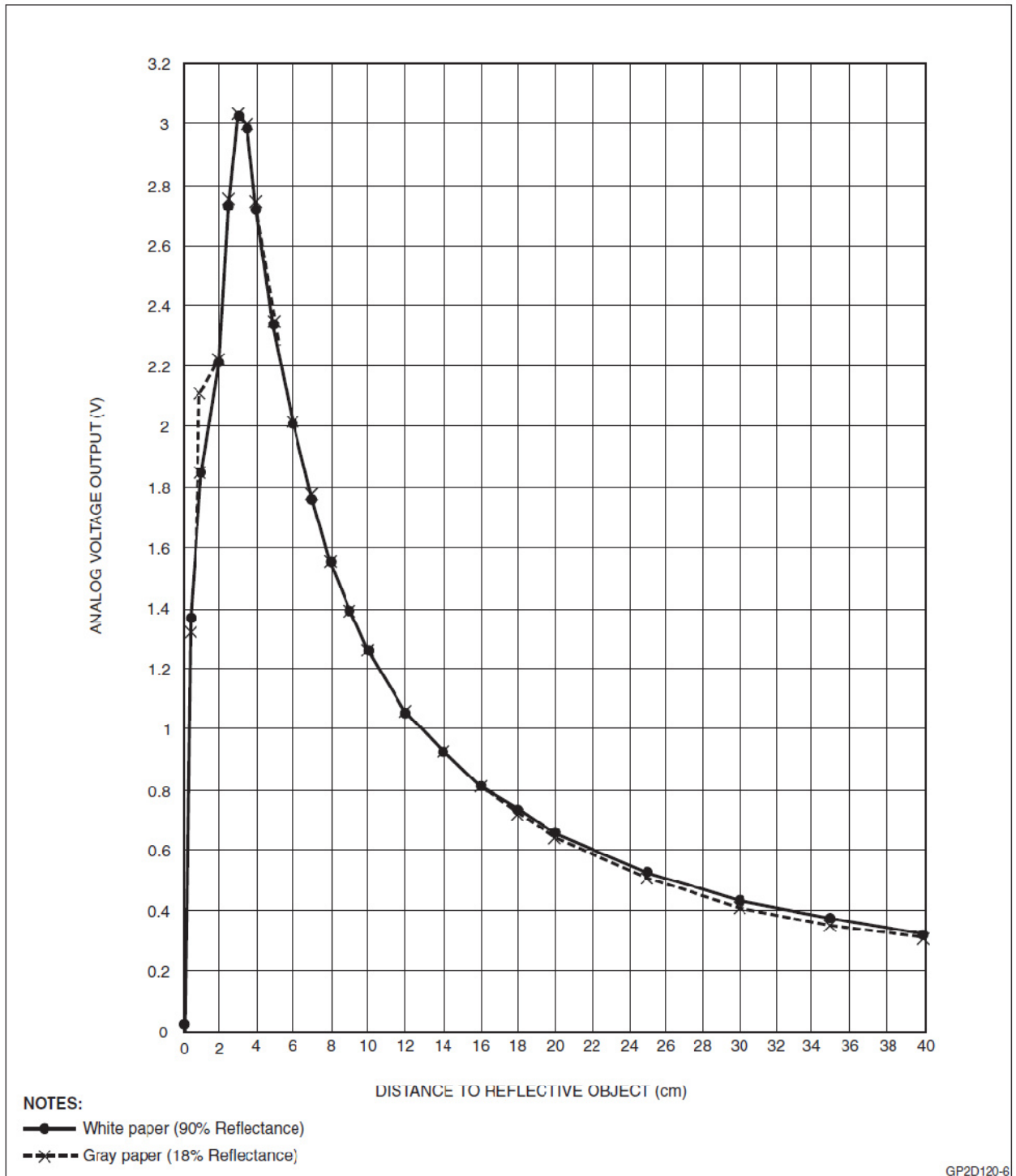


Figure 4. GP2D120 Example of Output Distance Characteristics

PACKAGE SPECIFICATIONS

